

ものべがわ

物部川維持管理の容易な河道の検討

本資料は、希少動植物の保護の観点から、希少種に関する記載の部分を非公開としています。

平成 29 年 1 月 19 日

国土交通省 四国地方整備局
高知河川国道事務所

目 次

1. 現状と課題	1
1.1 治水	1
1.1.1 流下能力	2
1.1.2 局所洗掘	3
1.1.3 物部川水系河川整備計画における対応	4
1.1.4 治水上の課題	5
1.2 利水	6
1.3 環境および河川利用・景観	8
1.3.1 レキ河原と河道内植生の現状	8
1.3.2 魚類や水辺の動物類の生息状況	13
1.3.3 河川利用状況	18
1.3.4 堤外民地の存在状況	19
1.3.5 河川景観	20
2. 物部川における課題の要因分析	21
2.1 土砂堆積	22
2.2 局所洗掘	23
3. 維持管理の容易な河道	30
3.1 維持管理の容易な河道形状（船底形河道）の概要	30
3.2 遠賀川の事例	31
3.2.1 遠賀川緩傾斜スロープ高水敷（船底形河道）の概要	31
3.2.2 遠賀川緩傾斜高水敷（船底形河道）の設計内容	32
3.3 船底形河道の平面及び断面計画（案）	36
3.3.1 船底形河道の基本方針	36
3.3.2 初期断面設定の検討	37
3.3.3 最適断面設定の検討	43
3.3.4 最適断面の検証	47
3.4 船底形河道を実施することによる効果・影響	52
3.4.1 治水面	52
3.4.2 利水面	71
3.4.3 環境面	73
4. 船底形河道の施工計画	87
4.1 整備手順	87
4.2 施工計画	91
4.2.1 施工条件	91
4.2.2 施工手順	92
5. 概算事業費	93
6. モニタリング計画	94

1. 現状と課題

1.1 治水

物部川右岸「下ノ村地区」(右岸距離標8k0+100～9k2)は、物部川右岸の氾濫域の最上流部に位置し氾濫した場合は南国市の中心市街地も浸水することから、物部川で最大の被害が発生する箇所となっている。

下ノ村地区の8.2k～8.6k付近の川幅は上下流と比較し極端に狭く、上流部の8.6k～9.0kで水位が上昇し流下能力が不足する区間がある。

そのため、引堤(8.4k-11m～9.0k-58m)を実施し平成27年度に完了しており、水位は下がるが現在も流下能力が不足する区間がある。

また、8.6k+100m～9.2k+100mの堤防に近い位置で局所洗掘に対して安全性が低い。



図 物部川流域図



図 下ノ村地区 航空写真 (平成 23 年 12 月撮影)

1.1.1 流下能力

現況の流下能力を確認するため、整備計画目標流量（深淵地点流量=4,200m³/s）が流下した場合の水位を準二次元不等流計算を用いて算出した。

参考として整備計画河道の水位計算も合わせて記載した。

8.2k～8.6kは川幅が狭いため、その上流部である8.6k～9.0kは計画高水位を超過し、洪水時に堤防が決壊するおそれがある。

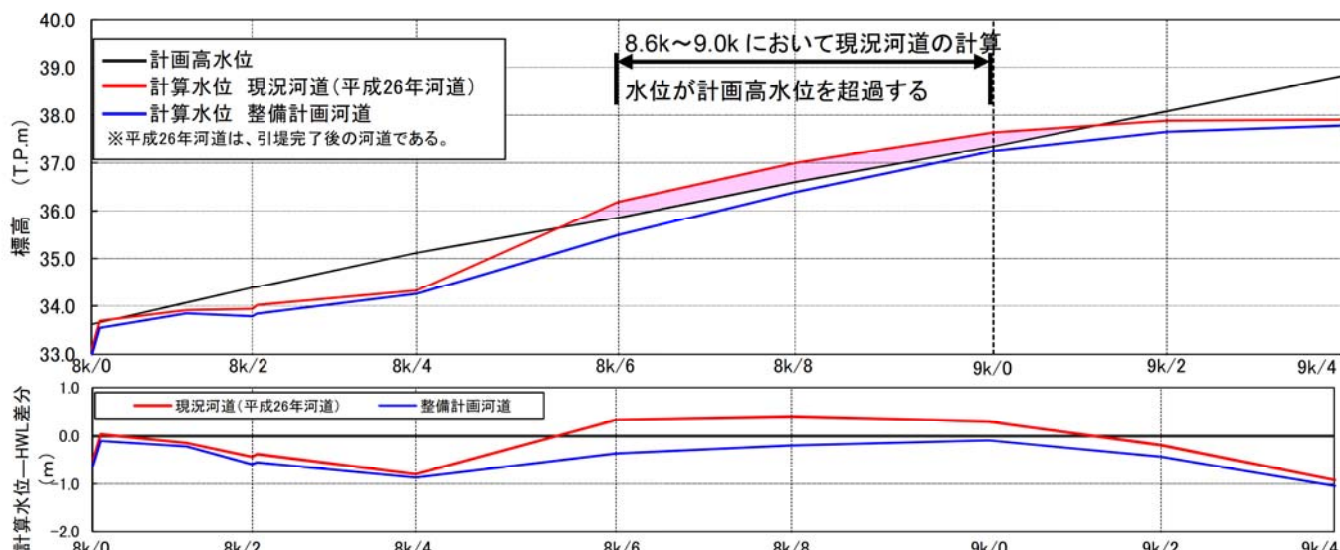


図 水位縦断面図 整備計画目標流量流下時

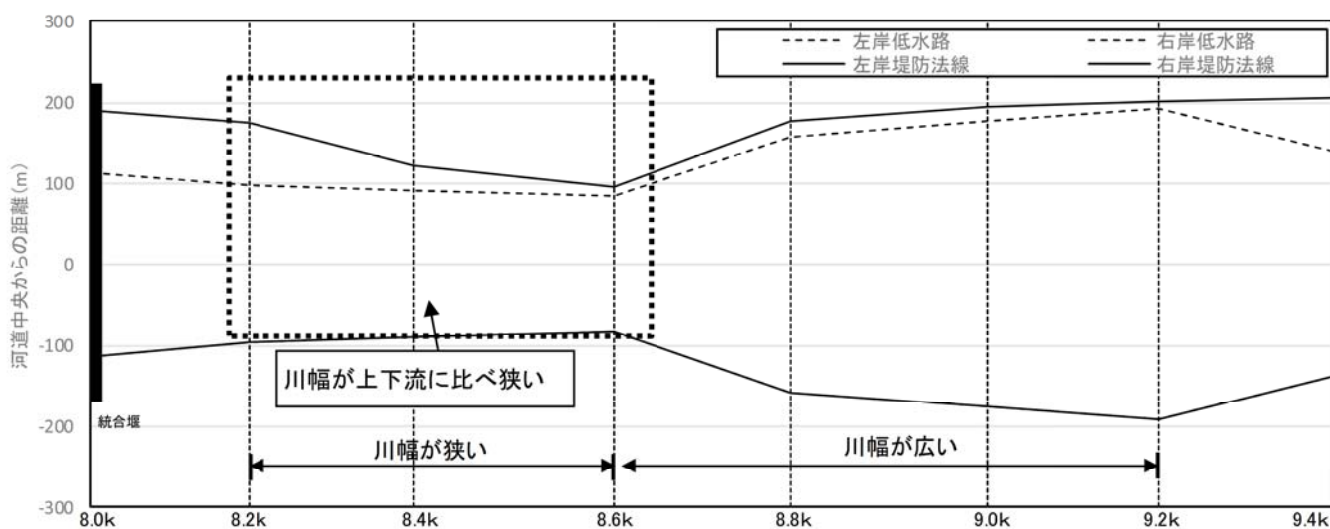


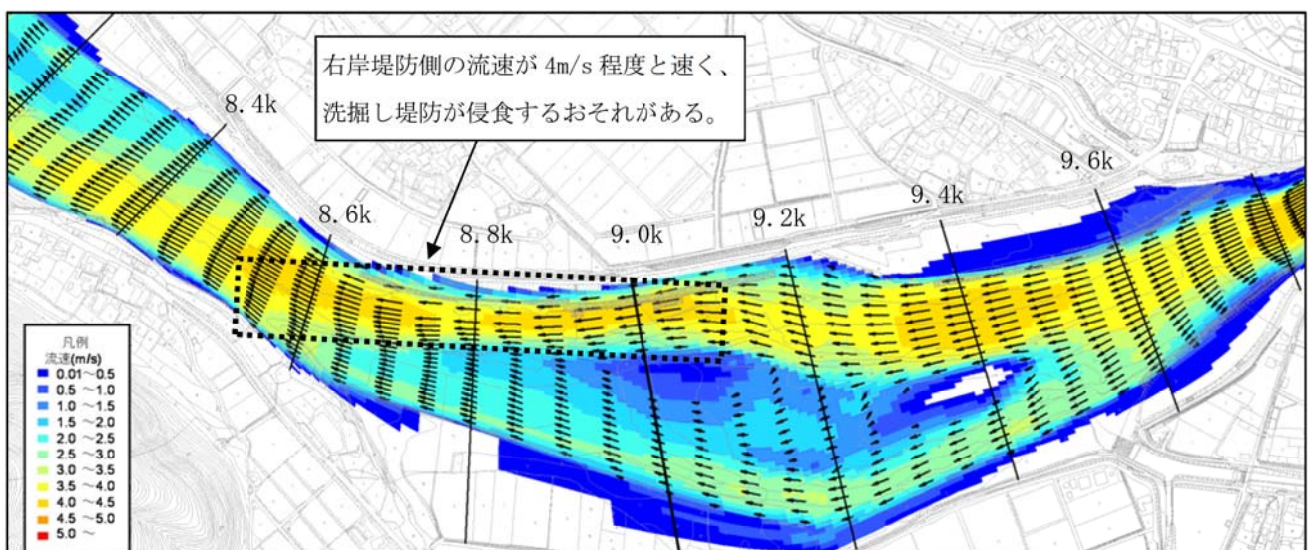
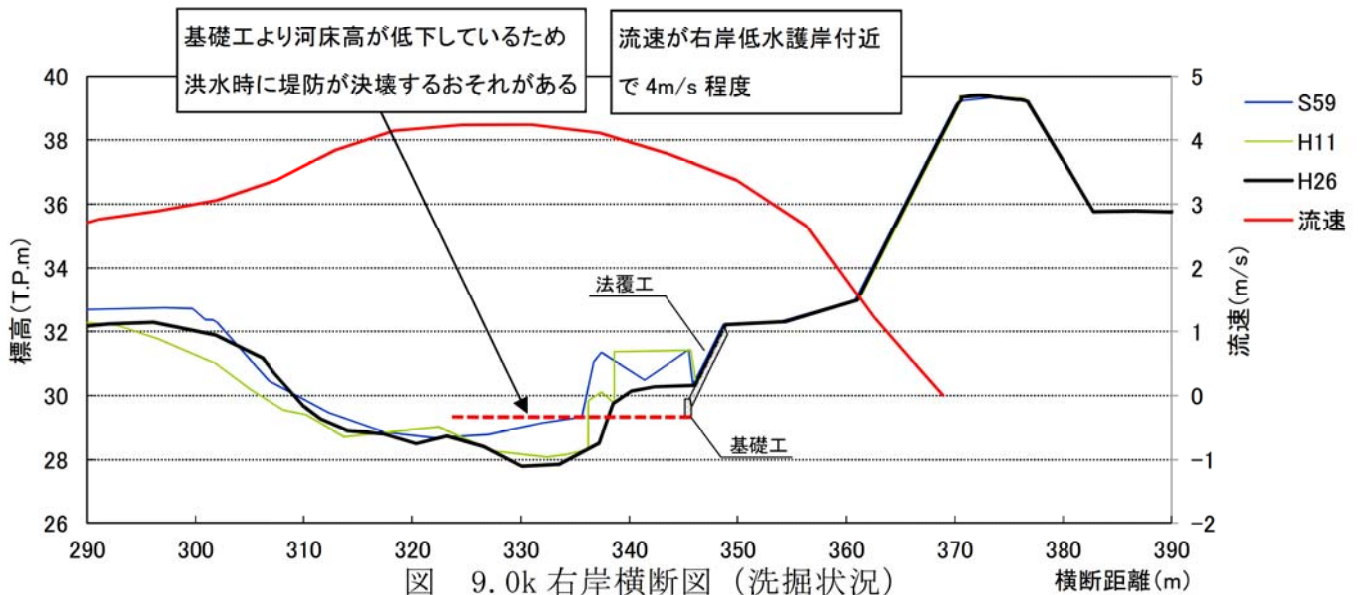
図 川幅縦断面図

1.1.2 局所洗掘

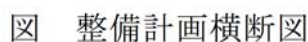
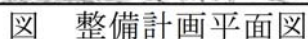
右岸低水路の最深河床高が右岸低水路の基礎工の根入れ高より低下している。

また、右岸8.6k付近～9.0k付近は流速が速く右岸堤防側に洗掘（局所洗掘）しており、洪水時に堤防が侵食され決壊するおそれがある。

平均年最大流量（深淵地点流量=1,565m³/s）が流下した場合、低水路護岸付近で流速が4m/s程度となる。



流下能力不足の対策として河道の掘削、局所洗掘への対策として低水護岸の整備・根固めや高水敷の造成を予定している。



1.1.4 治水上の課題

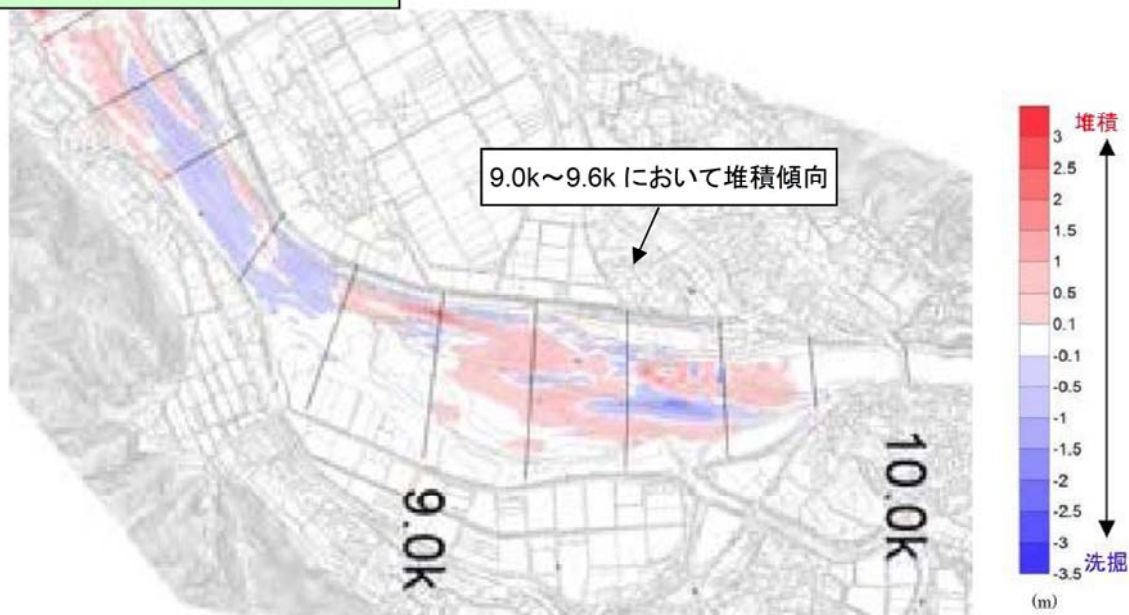
8.2k～8.6kの狭窄部区間上流となる8.6k～9.0kでは河積不足に伴う流下能力不足区間となっている。

また、右岸8.6k付近～9.0k付近は流速が速く、局所洗掘の進行によって堤防への影響が懸念されている。

流下能力不足を解消するために河道掘削を実施するにあたっては局所洗掘の解消ができ、将来再堆積しにくい維持管理が容易な河道形状について検討を行う必要がある。

併せて、環境面や景観面に配慮した河道形状について検討を行う。

現況河道（平成24年河道）



整備計画河道

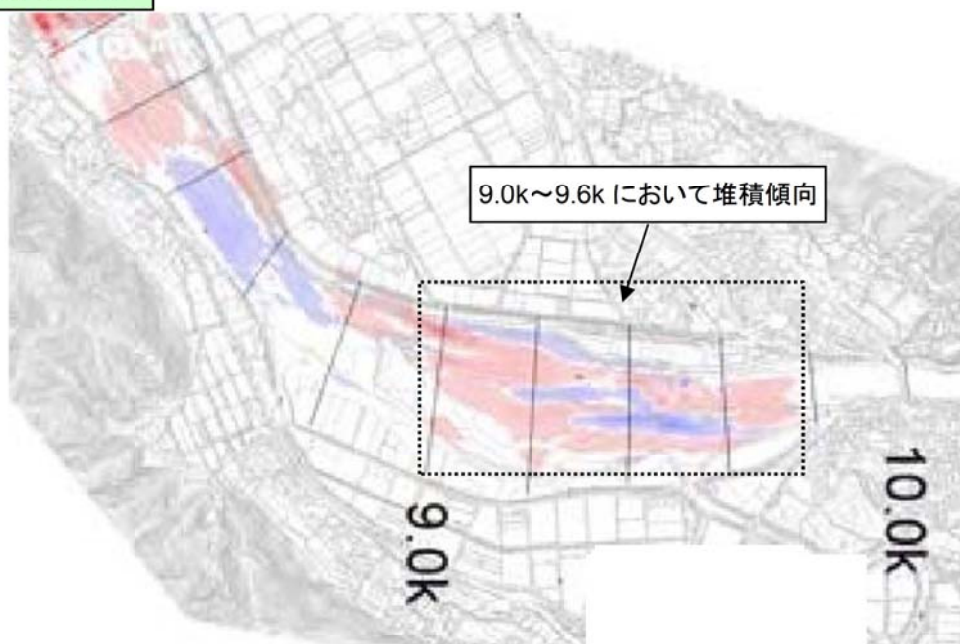


図 洪水の前後の河床変動高
平面二次元河床変動解析（計画高水流量 流下時：1洪水）

1.2 利水

物部川下流部に存在していた土佐藩家老職の野中兼山の遺構である山田堰を含む8堰は、昭和41年完成の統合堰（8k/0地点）および昭和48年完成の合同堰（10k/4地点）の2つの取水堰に統合された。

これらの利水事業により、現在も物部川の水は香長平野の重要な水源となっている。

下流域に広がる香長平野は、物部川の水の恩恵を受け、現在、高知県最大の穀倉地帯となっており、稲作のほか野菜を中心とする施設園芸も盛んに行われている。香長平野の農業用水は、合同堰および統合堰から取水されており、約3,270haの農地をかんがいしている。



下ノ村地区の直下流にあたる統合堰（8k/0地点）では、平成26年と堰統廃合後の昭和50年の取水口付近の河床高に経年的な変化は見られず、取水施設の敷高と左岸みお筋の河床高を比較しても、取水施設の敷高の方が高い。

これまでの河床変動による利水への影響は生じていないと考えられる。

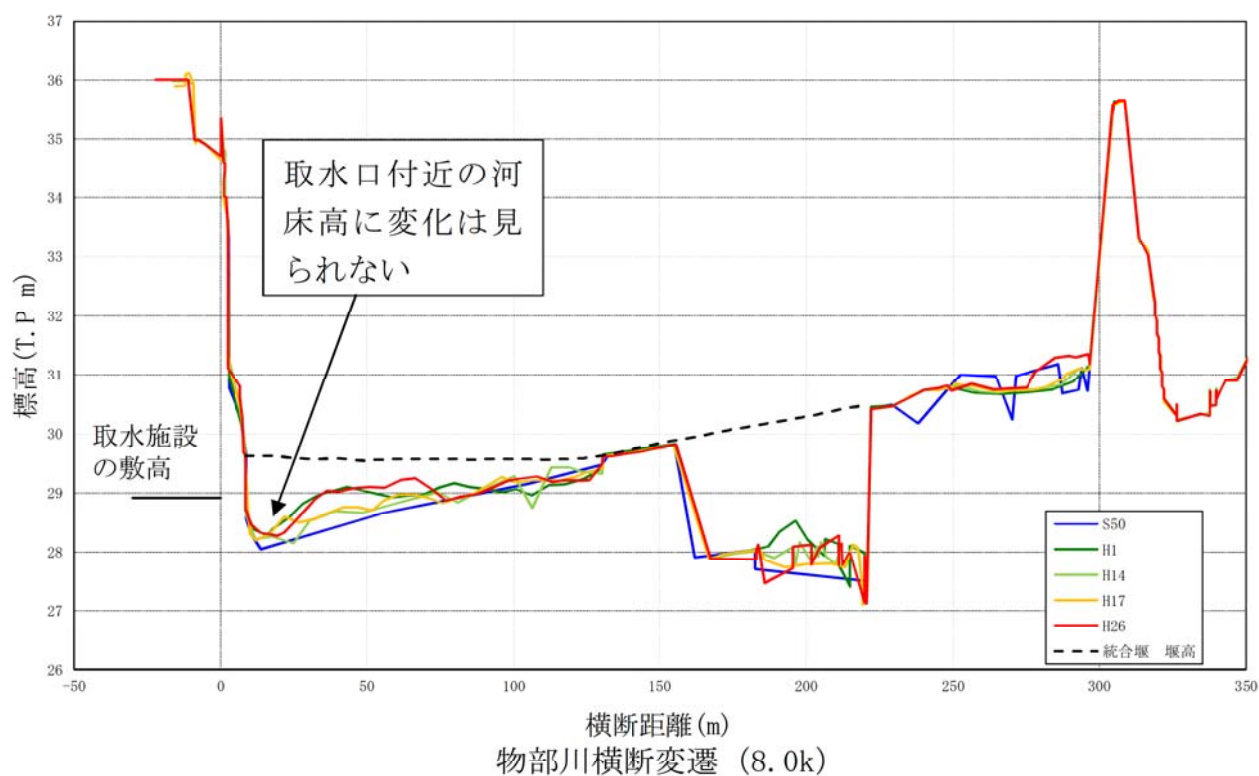


図 統合堰地点の横断面経年変化

1.3 環境および河川利用・景観

1.3.1 レキ河原と河道内植生の現状

(1) レキ河原

物部川では、昭和40～50年代頃までは全川を通じてレキ河原が形成されていたが、その後、河道内の樹林化が進行し、レキ河原が減少した。下ノ村地区においても、左岸側（8k/8～9k/6）に形成されている広い砂州を中心に、河道内樹木の繁茂が著しい状況にあった。

しかし、物部川では平成21～平成23年度にかけて、砂州上の樹木の全面的な伐開を実施した。これにより、砂州上はレキ河原と、レキ河原特有のヨモギ類等の草地に変化した。

下ノ村地区では現時点では、伐開後のレキ河原とヨモギ類等の草地の環境は維持されている。しかし、水際にはツルヨシ等の高茎の草地も広がり、さらに近年は幼木の再樹林化も確認されている。

レキ河原は増水時に冠水し、平常時に日照りとなるため、一般的には動植物には苛酷な環境となる。このような河川環境に適応した種が多いことが、物部川の動植物相の特徴であるが、今後、樹林が再繁茂すると、レキ河原に依存する動植物の生息・生育環境が失われることとなる。したがって、レキ河原の保全・再生に向けた対策が課題となっている。

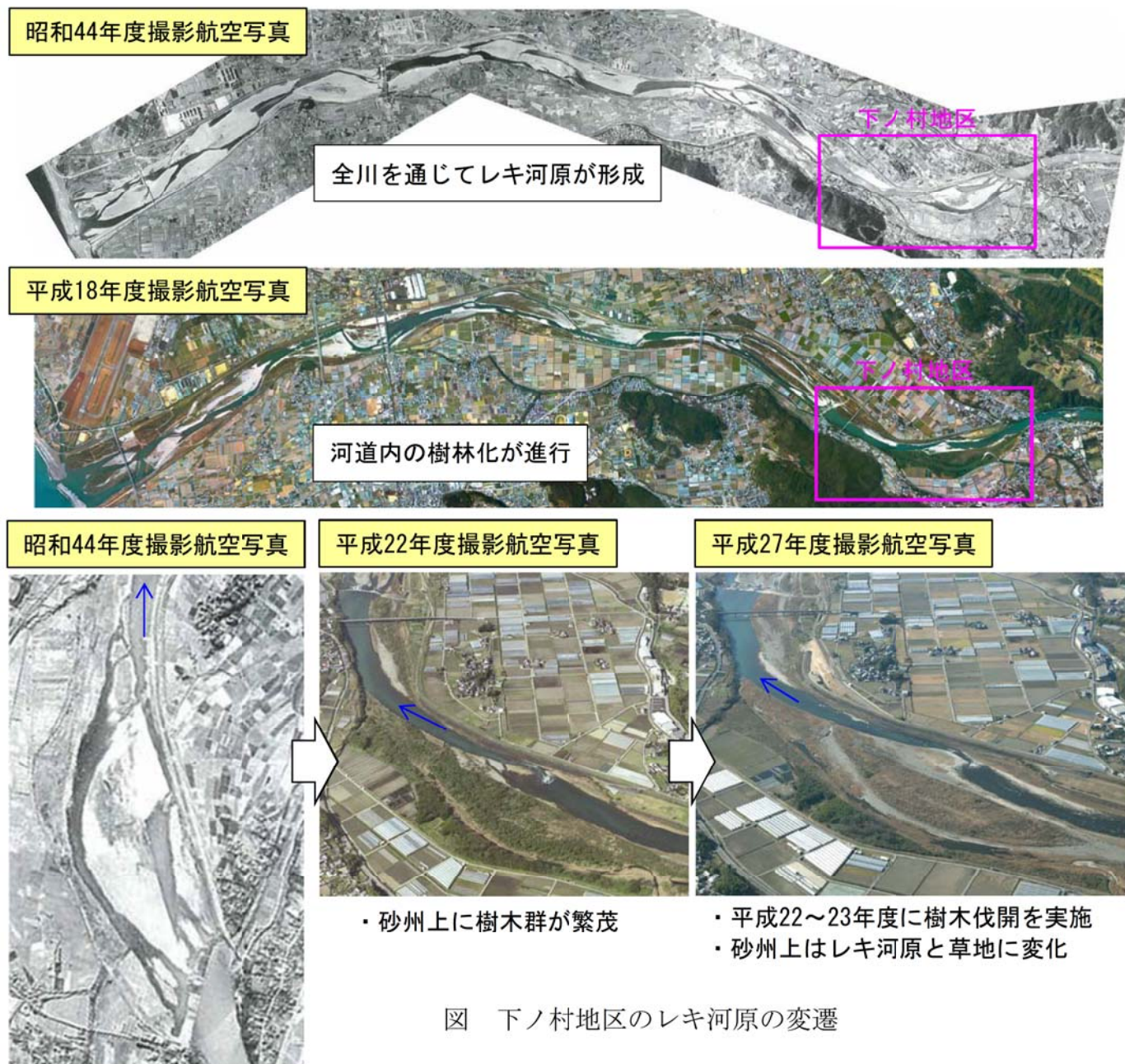


図 下ノ村地区のレキ河原の変遷

(2) 河道内植生

下ノ村地区では、河川水辺の国勢調査による河川環境基図（植生図）作成を5年間隔、生育している植物種の詳細調査を近年は10年間隔で行っている。

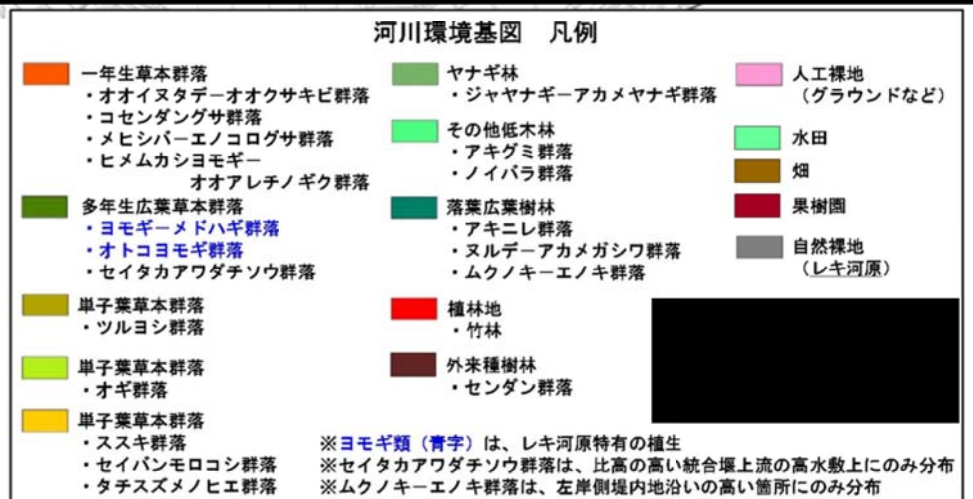
平成13～23年度に作成されている河道内植生図を比較すると、平成13年度調査の時点では、砂州上には低木林の群落が広範囲に繁茂していた。さらに、外来種樹林であるセンダンも群落を拡大していた。

これらの低木林やセンダンの群落は、平成18年度までにも一部伐採していたが、平成18年度調査の時点になると、低木林やセンダンの群落が、高木林であるヌルデ、アカメガシワ、アキニレやヤナギ林へと遷移していき、これらの樹林は生長も早いため、広範囲に群落を形成・拡大していった。また樹林の外縁にも、高茎で密生し土砂を補足するツルヨシとススキの草地が広がっていた。

これらの重要種はいずれも、レキ河原等の出水による攪乱を受ける環境に依存する種であり、樹林化した生育地を保全するよりも、より攪乱を受ける水際環境を創出することが重要な種である。

このように、樹林化とそれに伴うレキ河原の減少が進んだため、対策として平成22～23年度に砂州上の樹木の抜本的な伐開を行った。これにより、砂州上の樹林はレキ河原と草地へと変化した。また草地も、ツルヨシとススキが大幅に減少し、代わりにオオイヌタデ、エノコログサ等の一年生の草のほか、レキ河原特有のヨモギ類の群落が見られるようになった。

この伐開後のレキ河原とヨモギ類等の草地は、その後も出水等も相まって、現時点では維持されている状況である。



※河道内植生図は「河川環境基図作成調査」において5年間隔で作成しており、平成28年度植生図は現在調査中

図 下ノ村地区の河道内植生の変化

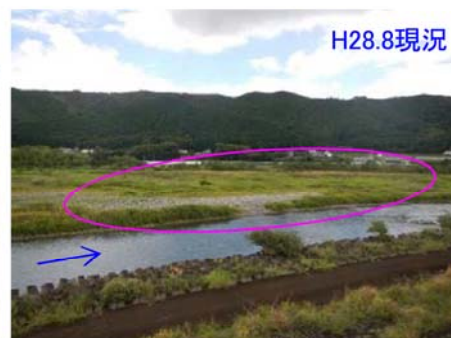
樹木伐開前後の現況写真

樹木伐開とその後の出水により、対策箇所はレキ河原とヨモギ類などの草地に変化している

A(8k/6)



B(8k/8)



C(9k/2)



河川環境基図（平成 23 年度調査）



＜下ノ村地区で注意すべき植物群落の動向＞

・ヨモギ類の群落：

乾燥が激しい砂礫地に生育する、物部川を特徴付ける群落であるが、砂州の陸地化に伴う樹林化の進行に伴い、平成以降、大きく減少している。

特に、ヨモギ類のうちオトコヨモギ群落は、レキ河原の植生として自然性が高く、物部川では下流域に生育している重要種ハマウツボの生育基盤となる重要度の高い植生である。



オトコヨモギ（開花期）

・ヌルデーアカメガシワ群落（落葉広葉樹林）：

ほとんど冠水しない肥沃な安定した低水敷に生育する先駆的な植生であり、平成23年度の樹木伐開前は、広範囲に群落を形成・拡大していた。樹木伐開後も断片的に残ったものが点在すると考えられ、抜根から再生するなど、再度、樹林地を形成することが懸念される。



アカメガシワ

・センダン群落（外来種樹林）：

下ノ村地区では、これまでにセンダン群落も存在していたことが確認されている。平成23年度までに伐開しているが、生長が極めて早い特性があり、今後も残存したものから再生し、再び拡大していく可能性が高い。



センダン

1.3.2 魚類や水辺の動物類の生息状況

(1) 魚類

下ノ村地区では、河川水辺の国勢調査による魚類調査を5年間隔で行っている。

下ノ村地区の河道は、9k/0付近より下流は統合堰による湛水域となっているが、9k/2付近に早瀬が形成されており、これより上流には平瀬が続いている。

調査結果より、下ノ村地区で確認されている魚類は、連続する瀬を生息場とするアユやウグイ、オオヨシノボリ、カワヨシノボリのほか、流れの速い平瀬を好むオイカワや流れの緩やかな場所を好むカワムツやヌマチチブという、多様な瀬の環境に生息する7種の魚類が確認種の大半を占めている。このように、9k/2付近の早瀬やその上流の平瀬が魚類の重要な生育場となっており、

また、アユは物部川における漁業権対象魚種であり、下ノ村地区でもアユ漁が盛んに行われている。

なお、これまでの河川水辺の国勢調査では、片地川の流路内での魚類の生息状況は調査できていない。

(2) 底生動物

下ノ村地区では、河川水辺の国勢調査による底生動物調査を5年間隔で行っている。

調査結果より、魚類と同様に、9k/2付近の早瀬やその上流の平瀬が底生動物の重要な生息場となっている。さらに周辺には、ワンド、たまり等の止水・緩流域も形成されていることから、これらの瀬とワンド・たまり等では、カゲロウやヤゴ類を中心とした多くの底生動物が確認されている。

なお、これまでの河川水辺の国勢調査では、片地川の流路内での底生動物の生息状況は調査できていない。

(3) 小動物

下ノ村地区では、河川水辺の国勢調査による小動物（両生類・爬虫類・哺乳類）調査を近年は10年間隔で行っている。

左岸側の河道内を流れる片地川の流路周辺は、背後に田園が開けた流れの緩やかな湿地環境であるため、両生類や爬虫類の良好な生息環境となっている。

調査結果より、右岸側の物部川緑地公園沿いや片地川の流路周辺の水辺で、カエル類やイシガメ、カナヘビ等の生息が確認されており、



(4) 鳥類

下ノ村地区では、河川水辺の国勢調査による鳥類調査を近年は10年間隔で行っている。

調査結果より、コチドリ、イカルチドリ等のチドリ類が、繁殖のためレキ河原を利用しているなど、河道内の砂州や高水敷上が多くの鳥類の生息場となっていることが確認されており、

しかし、下ノ村地区は背後に田園や樹林地・山麓地が広がっており、また統合堰付近の河道内にも、下ノ村地区と同様の草地・レキ河原や水辺環境が形成されていることから、保全の重要性は小さいと考えられる。

(5) 陸上昆虫類

下ノ村地区では、河川水辺の国勢調査による陸上昆虫類調査を近年は10年間隔で行っている。

調査結果より、9k/2付近の瀬の周辺において、幼生期を底生動物として水中で過ごすトンボやカゲロウ類が多く確認されている。さらに、水辺がレキ河原や草地の環境となっていることから、バッタやコウロギ類等の重要な生育場となっている。



1.3.3 河川利用状況

(1) 上流の高水敷整備済み区間（右岸側の物部川緑地公園等）

下ノ村地区上流の右岸側高水敷は、「物部川緑地公園」として整備している。高水敷上は広場やゲートボール場として平坦に整備され、散策やレクリエーションに多くの利用者が訪れている。また、昭和57年に撤去されるまでこの場所に存在していた野中兼山の遺構である山田堰の一部が保存されており、県指定文化財となっている。

一方で、水際でも水遊び等での利用が見られるが、現在は低水護岸による段差や護岸沿いへの草の繁茂により、水際に近づく箇所が限られており、親水性の向上に関する整備が必要という意見が利用者から多く寄せられている状況である（河川水辺の国勢調査：河川空間利用実態調査【川の通信簿】）。

また、下ノ村地区上流の左岸側高水敷でも、芝生のある広場として整備し、背後地の神母ノ木地区の住民等が散策等に利用している。ただし、低水護岸による段差がある上に、護岸沿いや前面の砂州上に広く草が繁茂しているため、水際へのアクセスは困難である。

(2) 右岸側下流の高水敷未整備区間

物部川緑地公園より下流側は、現在、高水敷はなく利用はない。また、堤防の法勾配も急で水際へも近づけない状況となっている。

しかし、高水敷造成に合せて、散策路の整備（マラソンコース）等の地元要望があり、今後、河川利用にも配慮した整備が必要である。

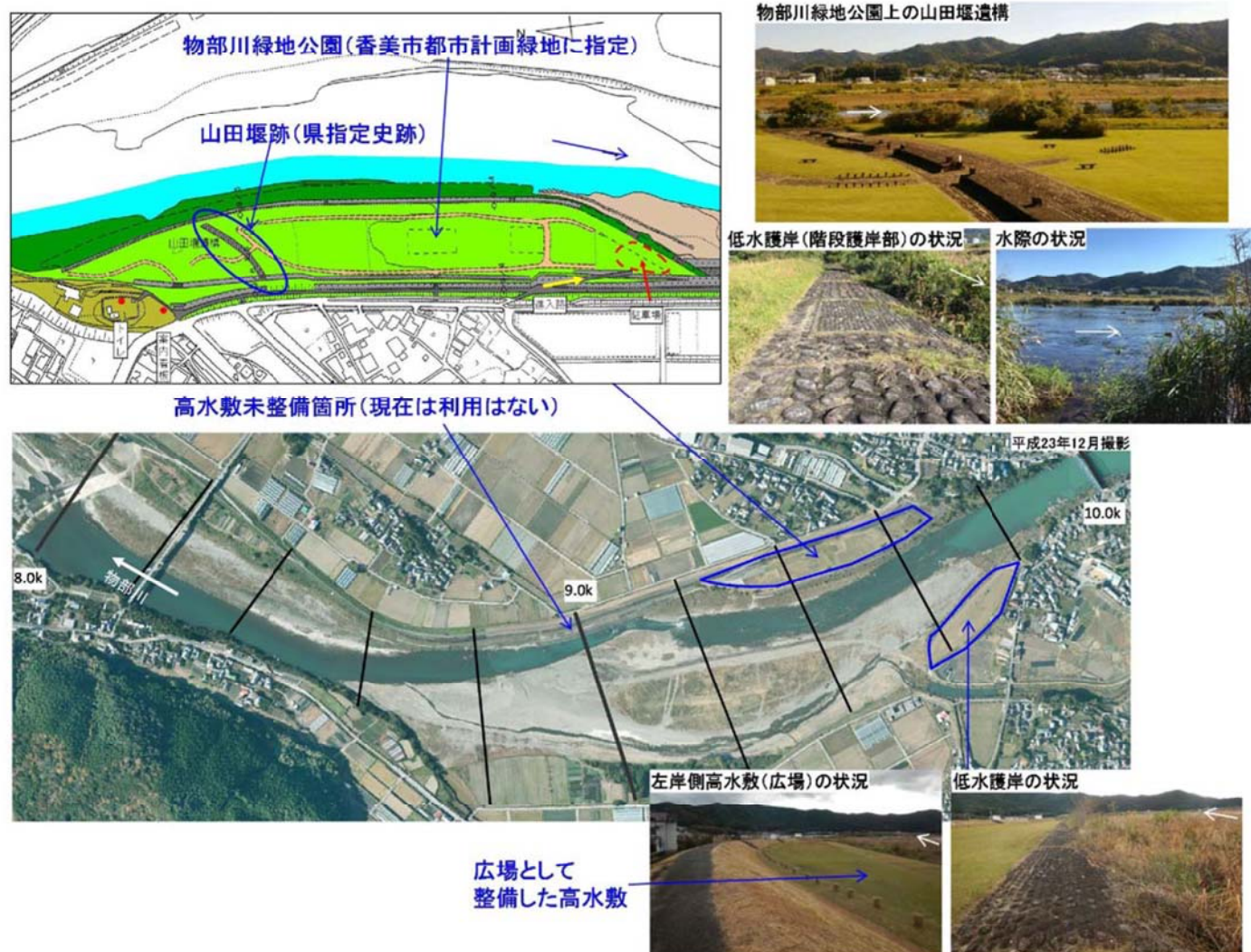


図 下ノ村地区の河川利用箇所

1.3.4 堤外民地の存在状況

右岸8k/0～8k/4付近と左岸8k/8～9k/2付近には、高水敷上に農地や樹林帯として利用・管理されている堤外民地が存在している。

特に、左岸8k/8～9k/2付近の堤外民地は、広い範囲が農地となっていることに加えて、その上流側の樹林帯が小動物・昆虫類にとっても重要な生息場となっており、現状では改変が難しい状況である。

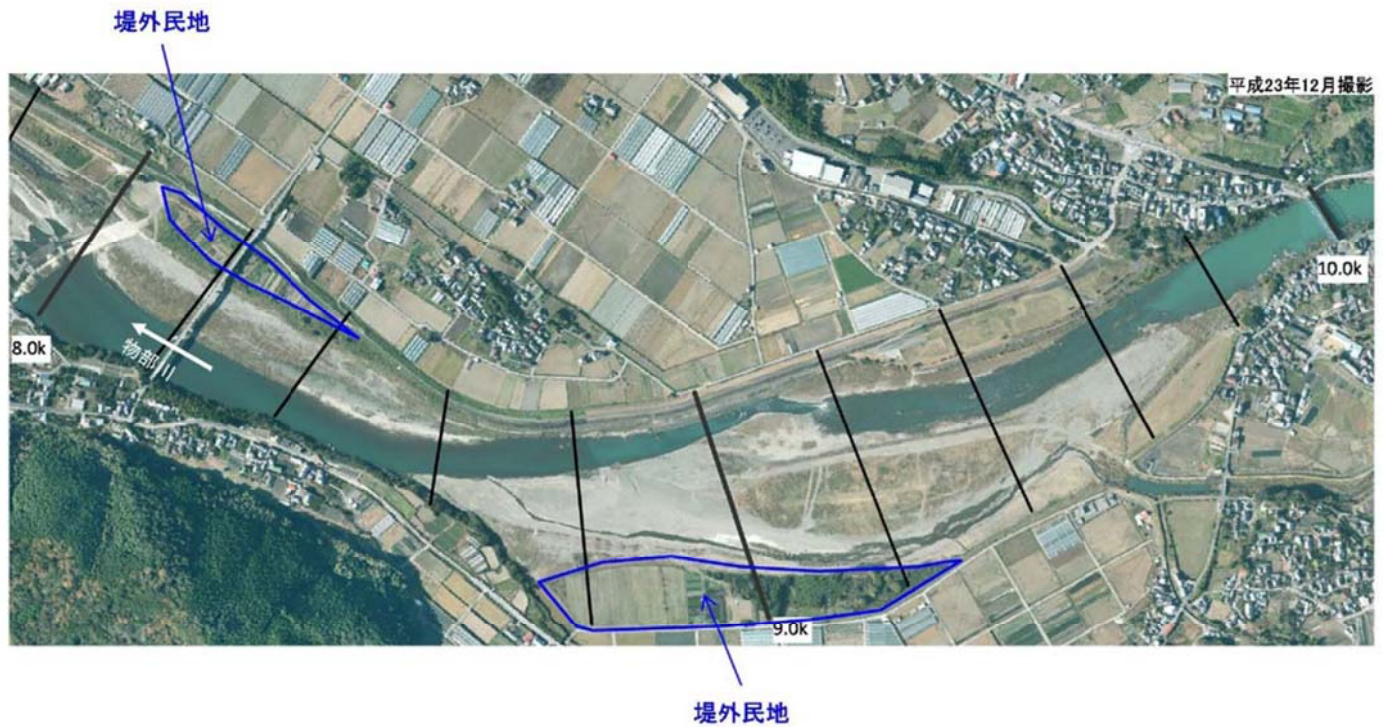


図 堤外民地の存在状況

1.3.5 河川景観

下ノ村地区上流右岸側の「物部川緑地公園」等、高水敷が整備されている箇所では、高水敷上を公園や広場として整備しているものの、現在は、急傾斜の低水護岸により高水敷と低水路に段差が生じており、水際にも樹木やツルヨシ等が繁茂しているため、堤防上や公園から水際が見えなくなっている。

右岸側の高水敷が未整備となっている区間では、堤防の法勾配が2割と急で、既存の高水敷も狭く、水際へも近づけない状況であり、堤防の天端からしか川を眺めることができない。さらに、河川景観は、根固ブロックや低水護岸のコンクリートが目につき、水際は人工的な印象となっている。

また、下ノ村地区の河道内の景観は、砂州上にレキ河原が形成されていることが特徴となっているが、今後、樹林化が再び進行すると、広いレキ河原による開放感のある河川空間が失われることとなる。



右岸：物部川緑地公園の景観（H28.11撮影）

堤防からの景観



高水敷（公園）の景観



水際の景観



右岸：高水敷未整備区間の景観（H28.12撮影）

堤防からの景観



2. 物部川における課題の要因分析

流下能力や局所洗掘による治水面の課題や今後の土砂の洗掘・堆積傾向となっている維持管理上の課題に対してその要因分析を行い、最も効果的な対策案の検討を行う。

下ノ村地区に影響を与える過去の主な事業経緯および河道特性を以下に示す。

物部川は扇状地河川のため、かつては流路が一定していなかったが、江戸時代初期に行われた山田堰建設等の大規模な利水工事に併せて、兩岸に堤防が築かれ流路の固定が行われ、ほぼ現在に近い河道となった。河道には、交互砂州が形成されている。昭和初期までは、みお筋は出水のたびに变化していた。しかしその後、昭和 30 年前後の上流部への永瀬ダム等3つのダムの建設や、昭和 40 年代の堰の統廃合等の要因により、単列砂州の発達による流路の固定化により局所洗掘が進行し、堤防の安全性が低下している。

「維持管理計画 物部川水系物部川 平成24年3月 高知河川国道事務所」引用

ここでは、昭和40年代の堰の統廃合後から現在（平成26年）の縦断・平面・横断形状の経年変化について整理し、洗掘・堆積傾向となった要因を把握する。

整理した結果の概要を下記に示す。

①土砂堆積

- ・8.6k～9.6kは上下流に比べて川幅が広く河積が広いため、流速が遅く無次元掃流力が9.0k付近の砂州で小さくなる。
そのため、上流から流下してくる土砂が9.0k付近で堆積しやすくなる。

②局所洗掘

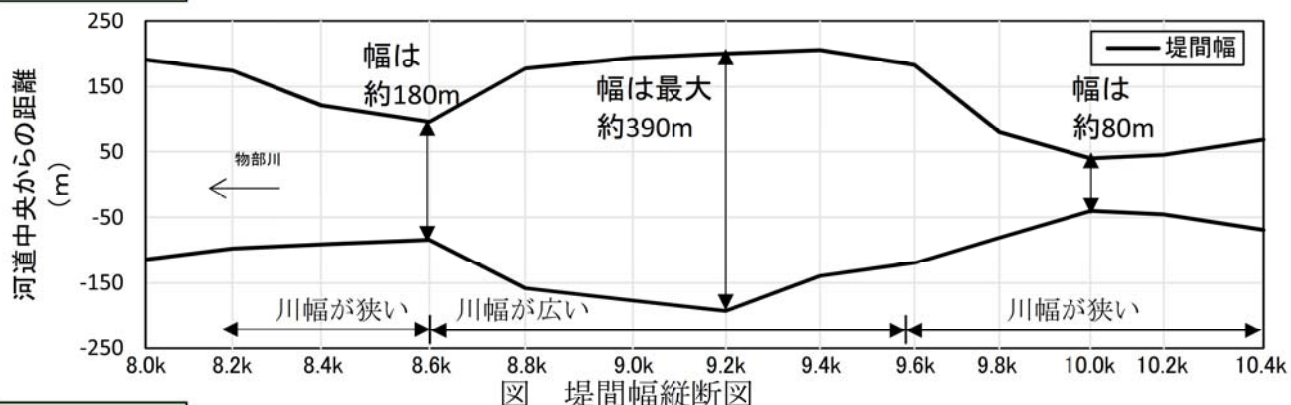
- ・山田堰撤去後9.6k左岸側のみお筋が確認できなくなった。
- ・山田堰撤去後（昭和57年撤去）右岸側のみお筋に流れが集中したことによって、右岸側のみお筋幅（9.4k）が拡大し、河床が洗掘（9.6k）する傾向にある。
- ・9.0k断面の平均河床高の変化は少ないが最深河床高は緩やかに低下しており、局所洗掘していることが確認できる。

2.1 土砂堆積

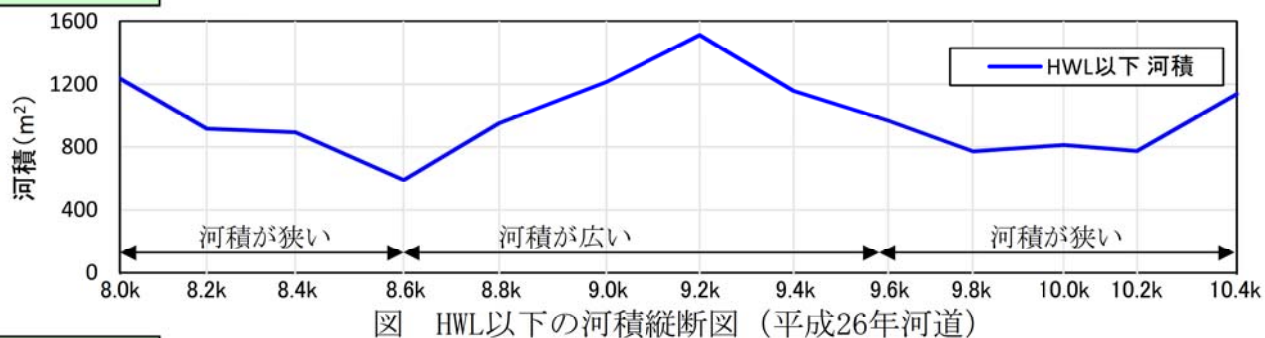
8.6k～9.6kは上下流に比べて川幅が広く河積が広いため、流速が遅く無次元掃流力が9.0k付近の砂州で小さくなる。

そのため、上流から流下してくる土砂が9.0k付近で堆積しやすくなる。

川幅縦断面図



河積縦断面図



流速縦断面図

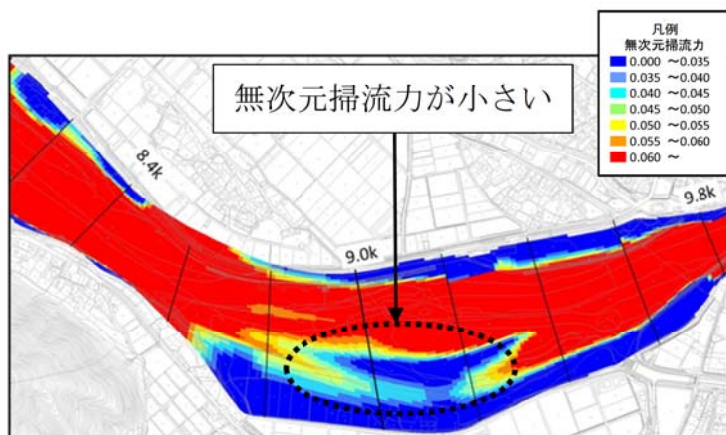
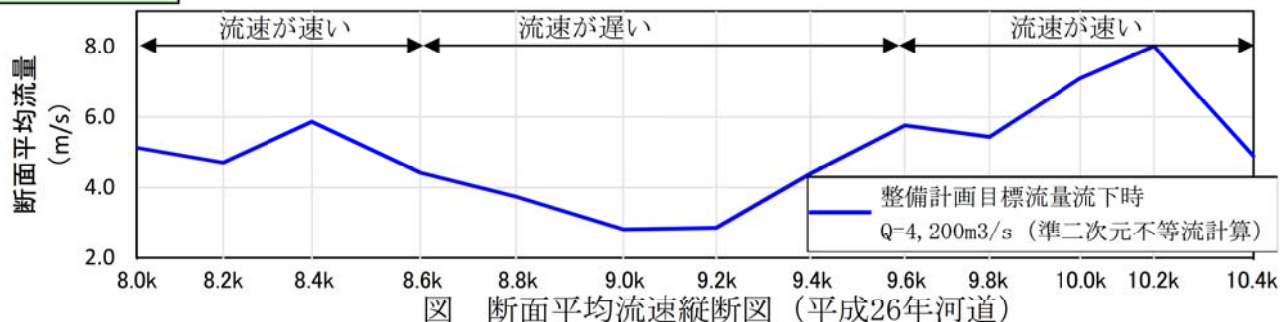


図 無次元掃流力分布図（平成26年河道）
整備計画目標流量流下時 $Q=4, 200m^3/s$

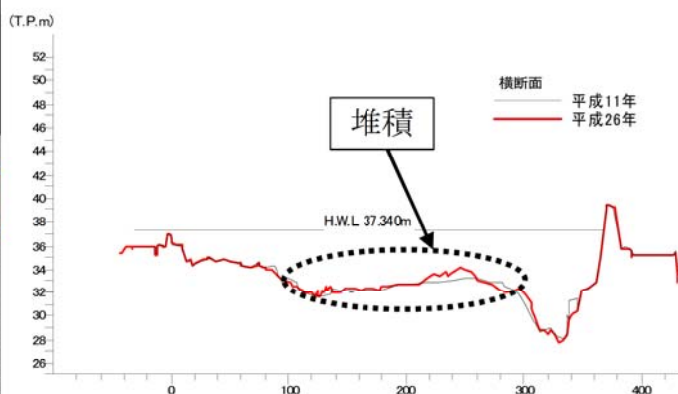


図 横断重ね合わせ図（9.0k断面）

2.2 局所洗掘

山田堰撤去後（昭和57年撤去）右岸側のみお筋に流れが集中したことによって、右岸側のみお筋幅（9.4k）が拡大し、河床が洗掘（9.6k）する傾向にある。

9.0k断面は平均河床高の変化が少ないが、最深河床高は緩やかに低下しており局所洗掘が確認できる。

山田堰撤去後、最深河床高が9.0k、9.8k断面で低下、9.2k、9.4k断面で上昇している。

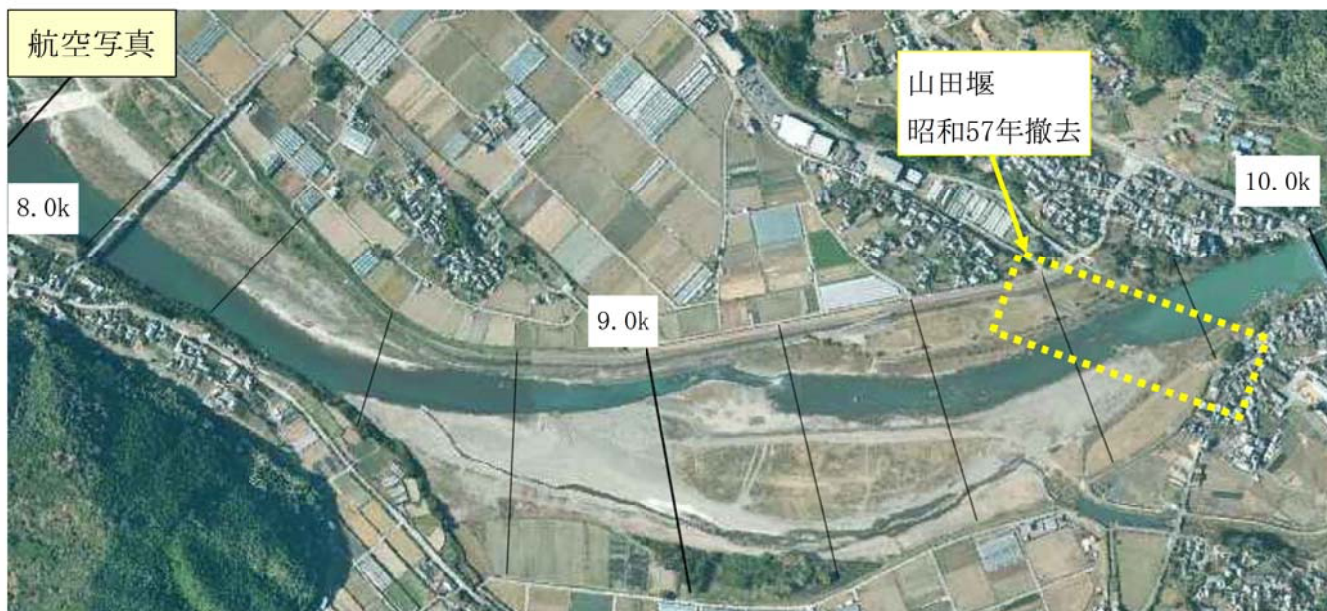


図 対象地区周辺の航空写真（平成23年12月撮影）

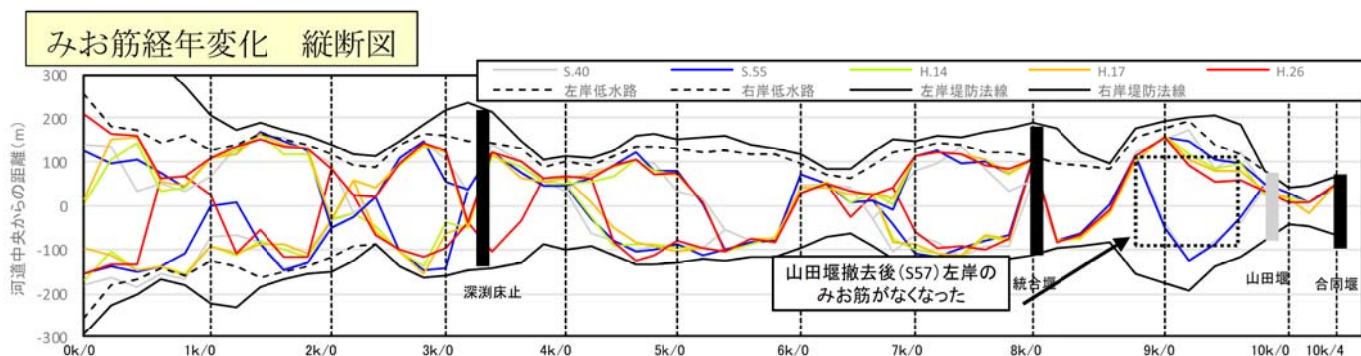


図 みお筋経年変化 縦断面図

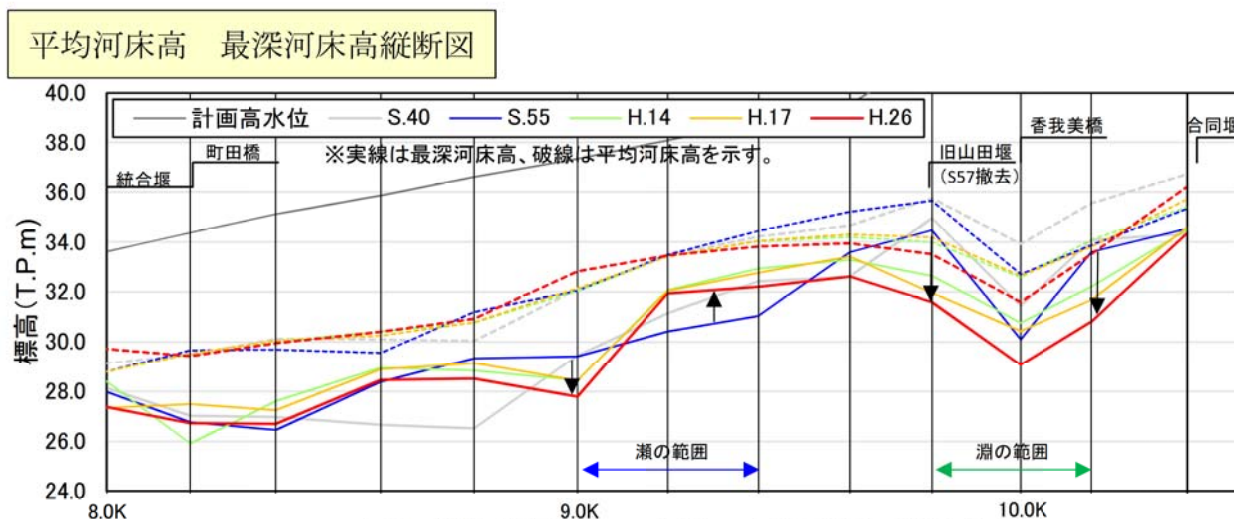


図 対象地区周辺の平均、最深河床高縦断面図

変動高縦断図 最深河床高（昭和40年断面基準の変動高）

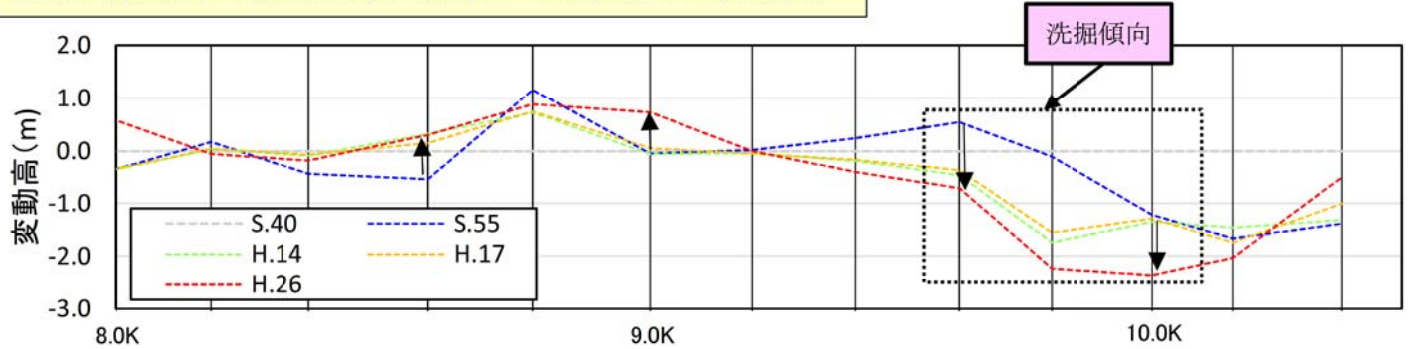


図 対象地区周辺の変動高縦断図 最深河床高

変動高縦断図 平均河床高（昭和40年断面基準の変動高）

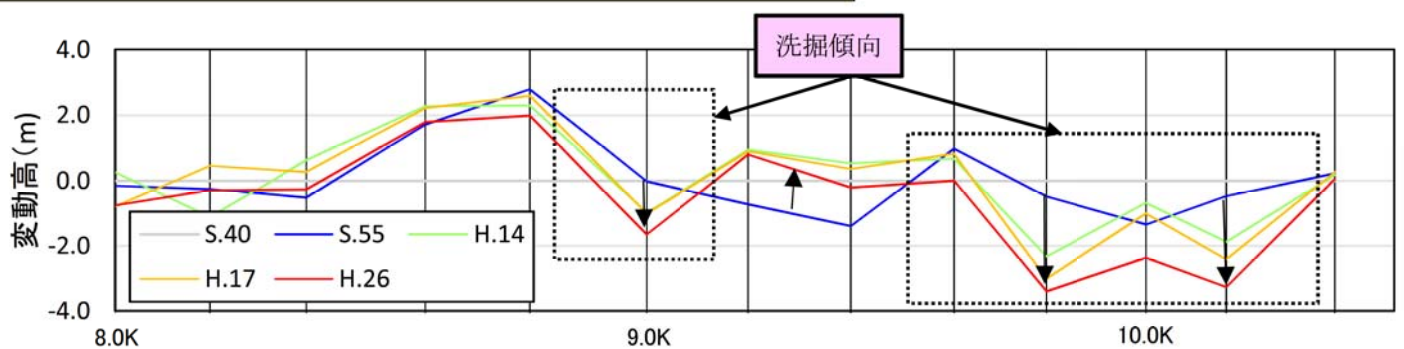


図 対象地区周辺の変動高縦断図 平均河床高

洗掘深（最深河床高—平均河床高）縦断図

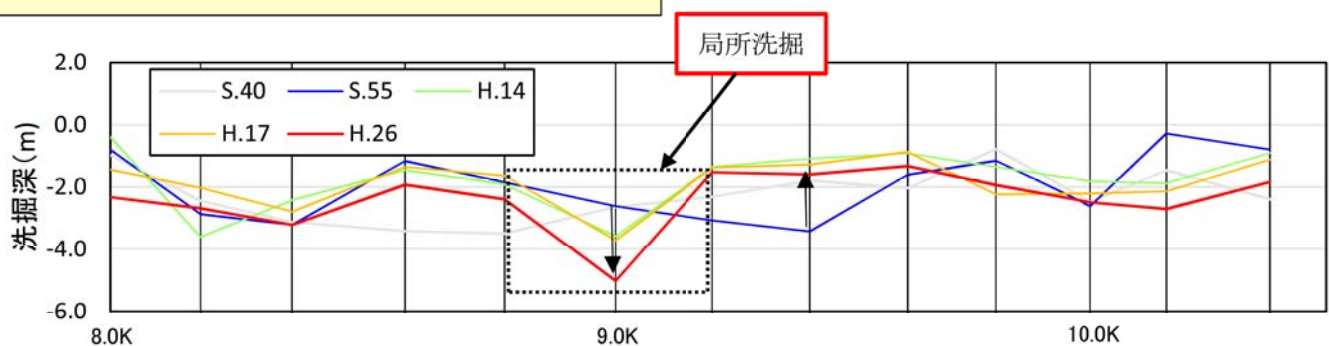
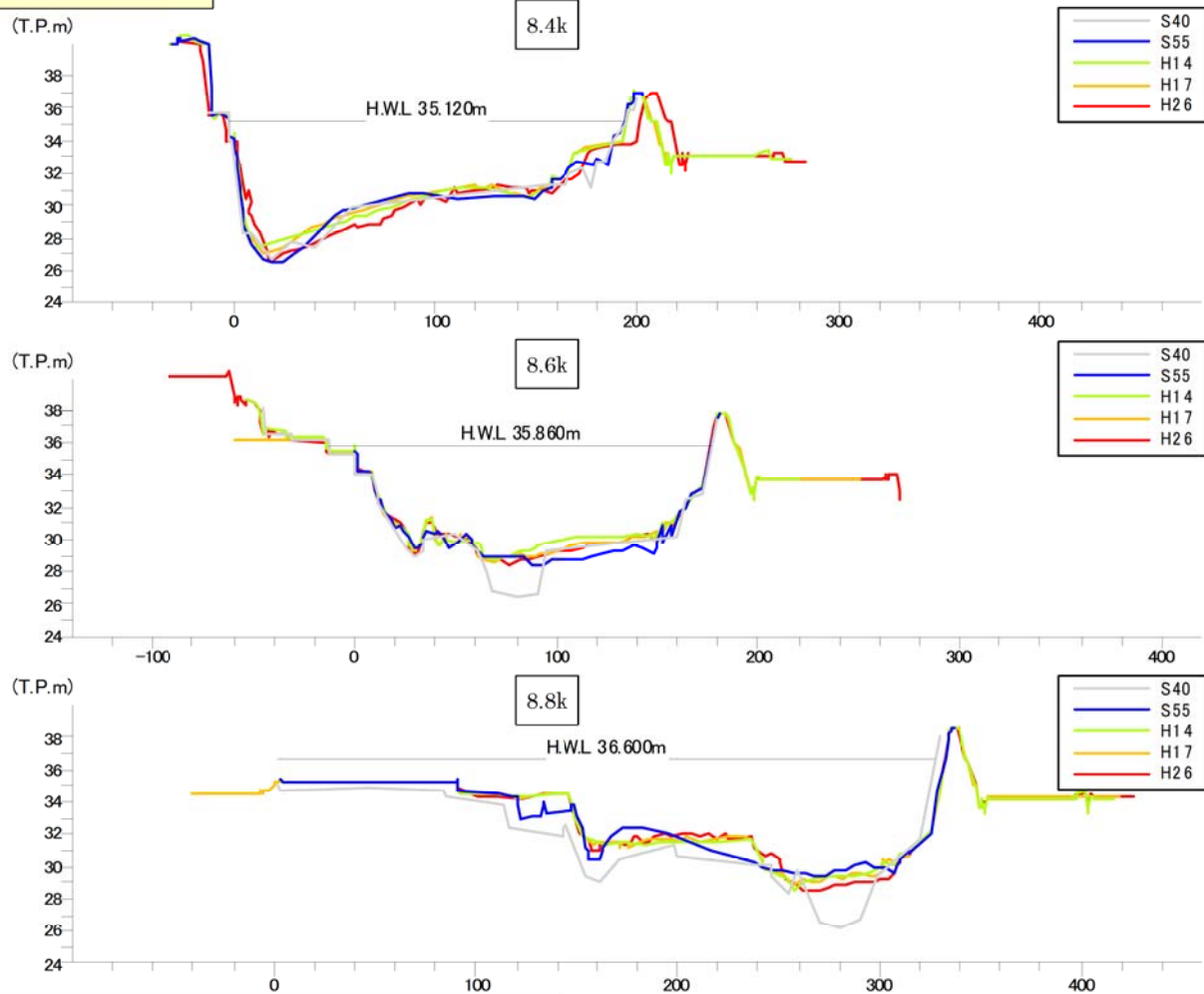


図 対象地区周辺の洗掘深（最深河床高—平均河床高）

横断図（経年変化）



河床高経年変化（平均河床高・最深河床高）

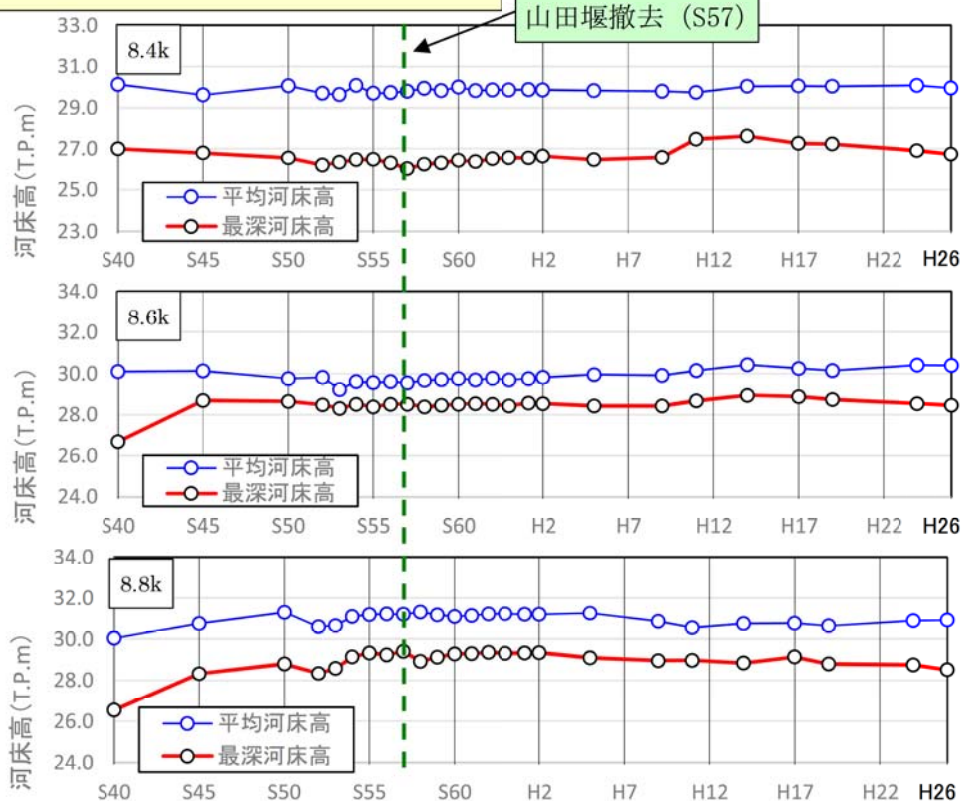
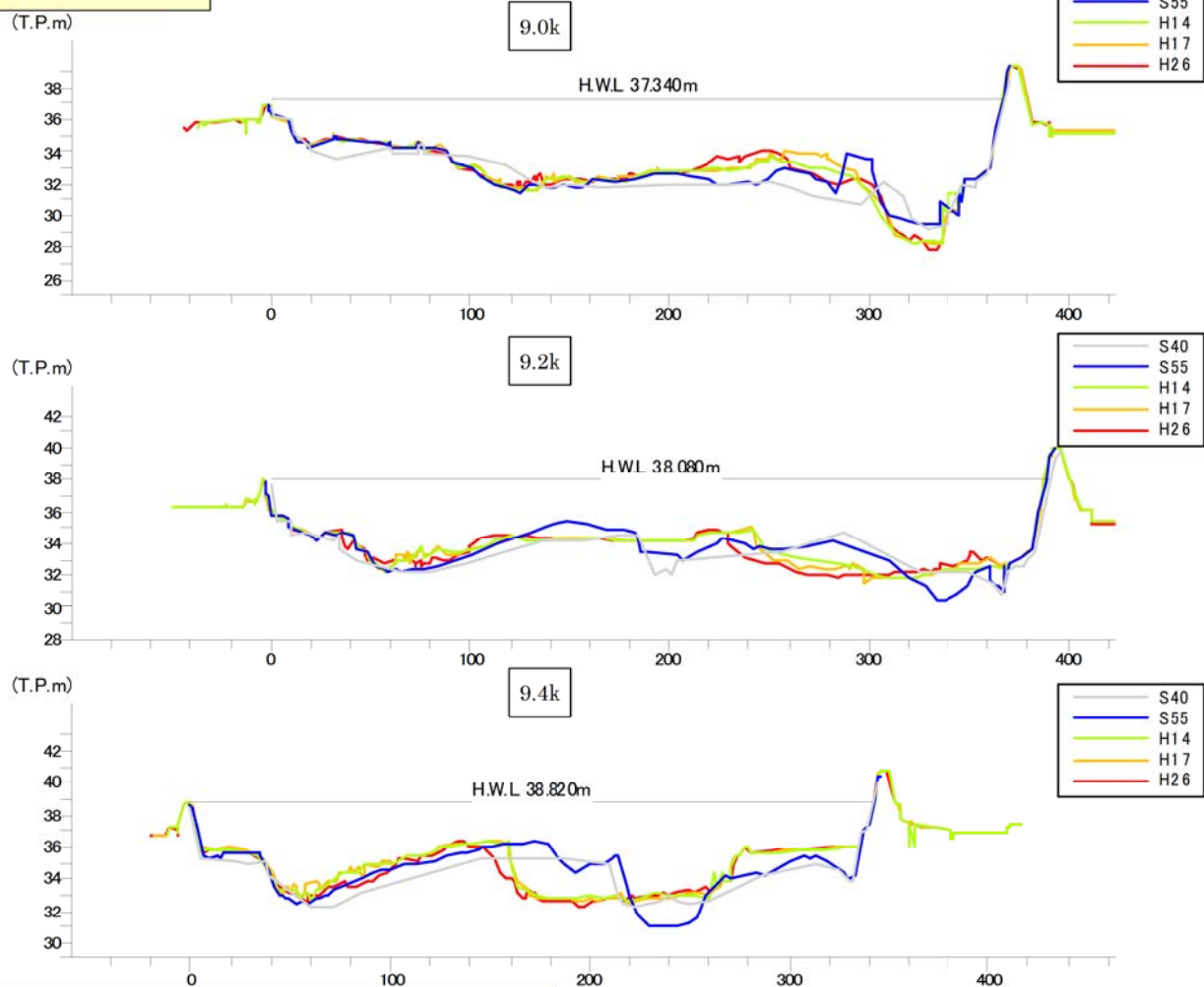


図 対象地区周辺の横断図および最深・平均河床高の経年変化

横断図（経年変化）



河床高経年変化（平均河床高・最深河床高）

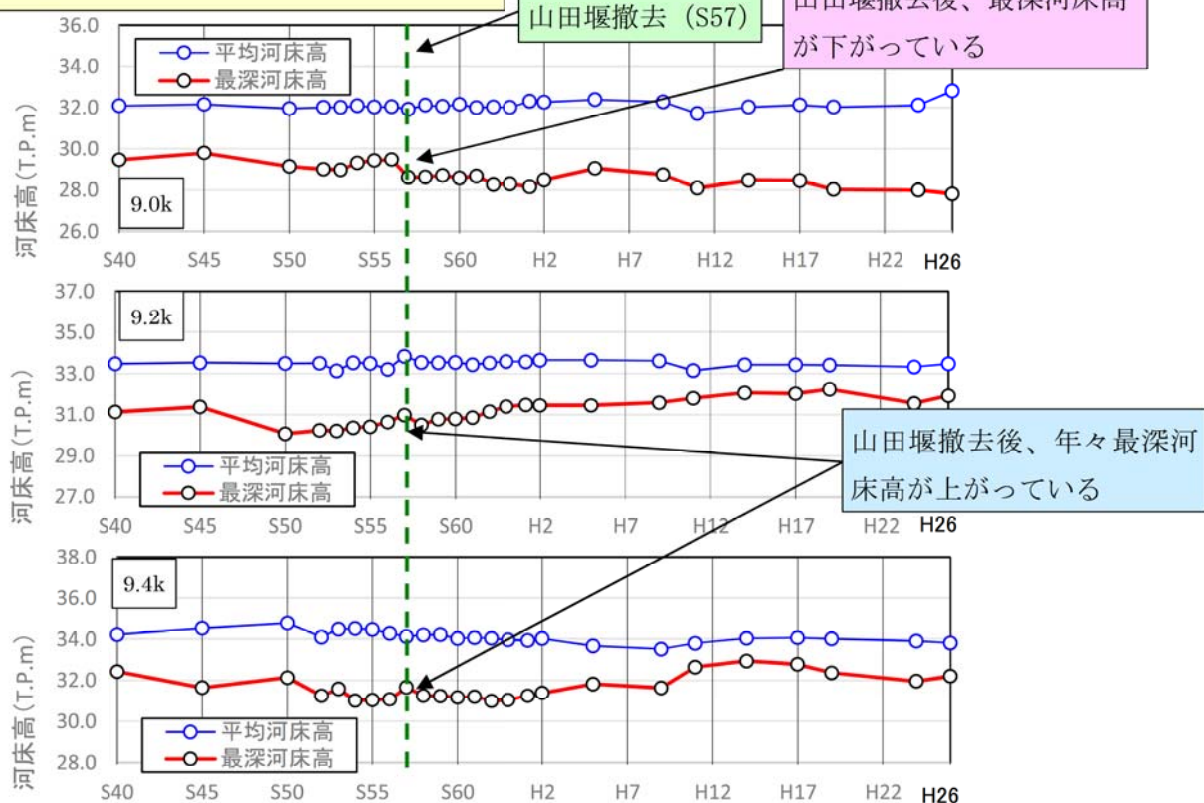
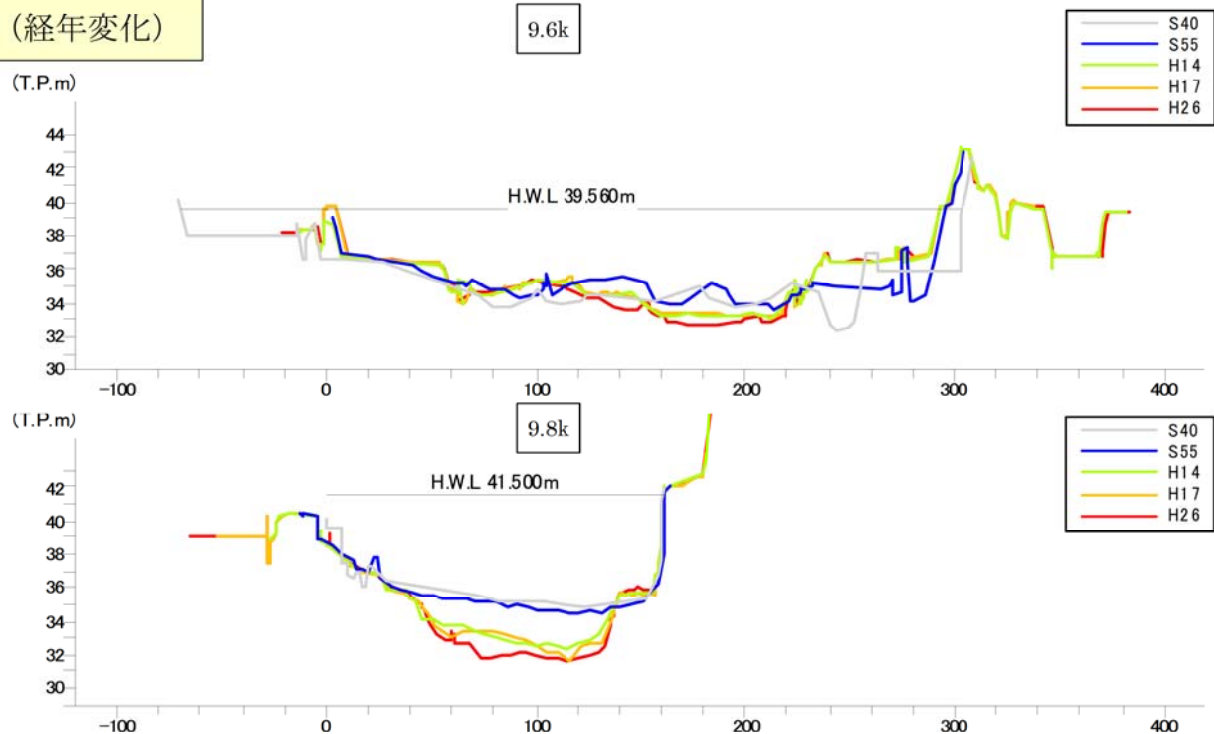


図 対象地区周辺の横断図および最深・平均河床高の経年変化

横断図（経年変化）



河床高経年変化（平均河床高・最深河床高）

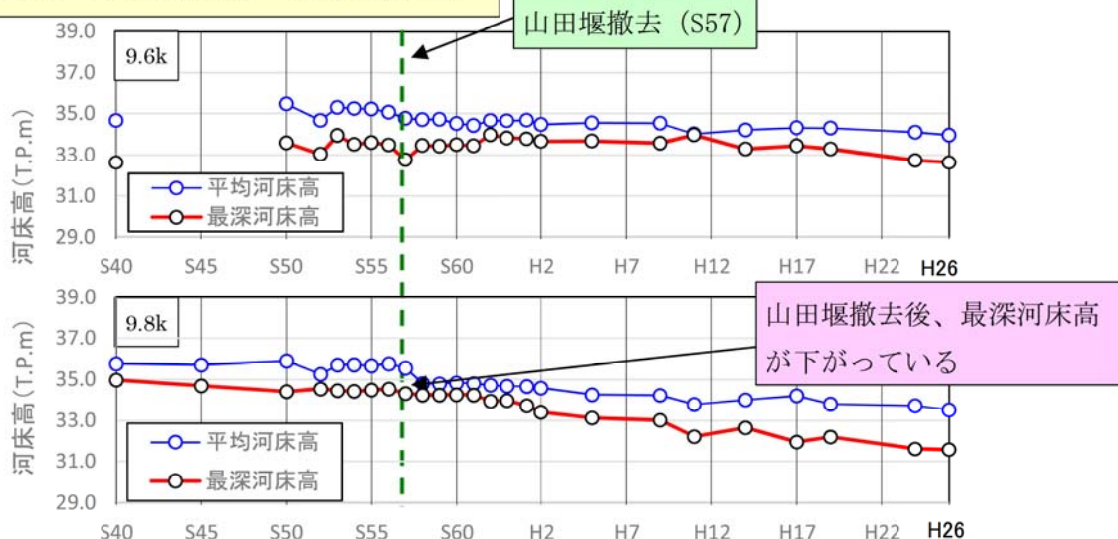


図 対象地区周辺の横断図および最深・平均河床高の経年変化

山田堰撤去後（昭和57年撤去）、右岸側のみお筋に流れが集中したことによって、右岸側のみお筋幅（9.4k）が拡大し河床が洗掘（9.6k）した。

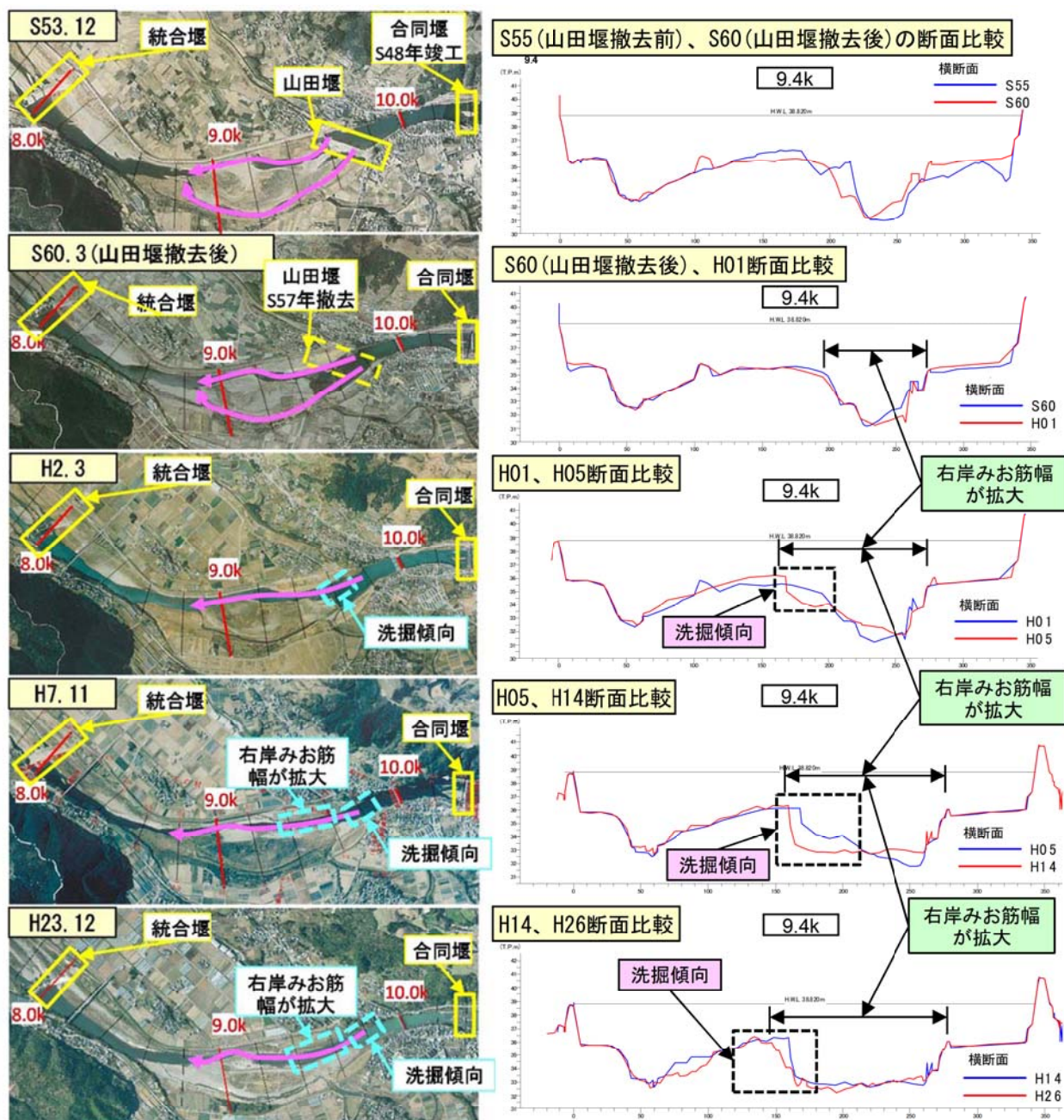
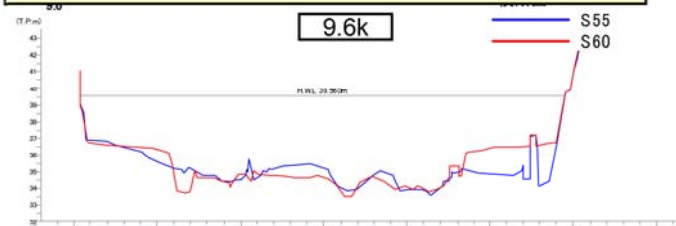


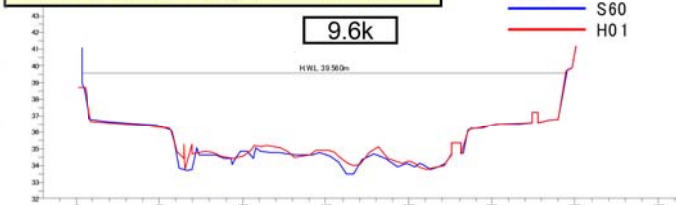
図 9.4kの断面比較



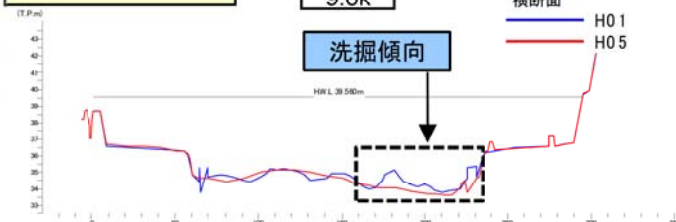
S55 (山田堰撤去前)、S60 (山田堰撤去後)の断面比較



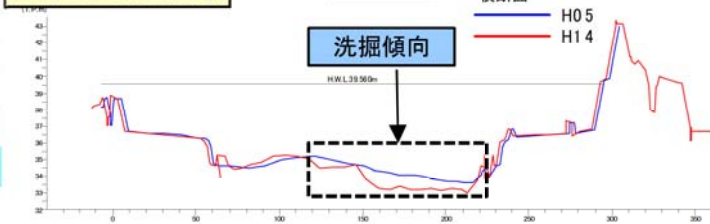
S60 (山田堰撤去後)、H01断面比較



H01、H05断面比較



H05、H14断面比較



H14、H26断面比較

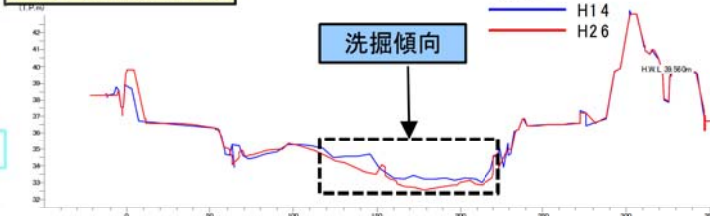


図 9.6kの断面比較

3. 維持管理の容易な河道

3.1 維持管理の容易な河道形状（船底形河道）の概要

(1) 従来の河道断面（複断面形 整備後）

洪水時の堤防近辺の流速を抑え安全性を確保し、平常時には低水路に安定して水を流下させて、高水敷利用を可能にすることの観点から複断面形を標準的な河道断面としてきた。

しかし、従来の河道断面の形状の課題として、河道内樹木の繁茂による流下能力上の課題、土砂の堆積および河床低下による高水敷と低水路の比高差の増大に伴う低水護岸等の構造物の被災等の治水面での課題がある。

また、環境面では河岸や堤防に沿って低水路内に深く、狭いみず道が形成されて、水陸移行帯が喪失し生物の多様性が失われる課題がある。

(2) 船底形河道

船底形河道は、河床が安定（洪水によって河床が変動しても元の河床に戻る河道）し、高水敷と低水路の比高差が増大しにくく（局所洗掘が起こりにくい）、土砂が再堆積しづらいため、維持管理も容易となる。

また、横断的に流速分布が良くなるため流下能力も向上する。

横断方向が緩傾斜であるため、水際部が水位によって変化し湿った環境が創出されるため、多様な生物が生息できる環境となる。

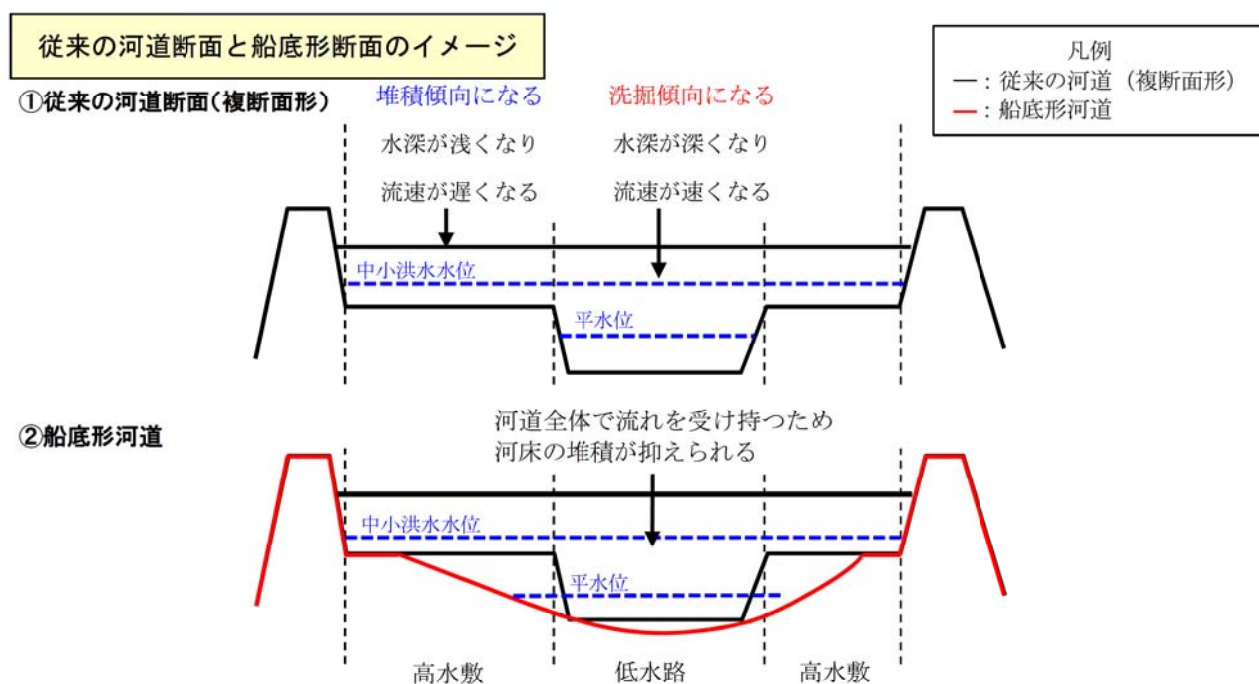
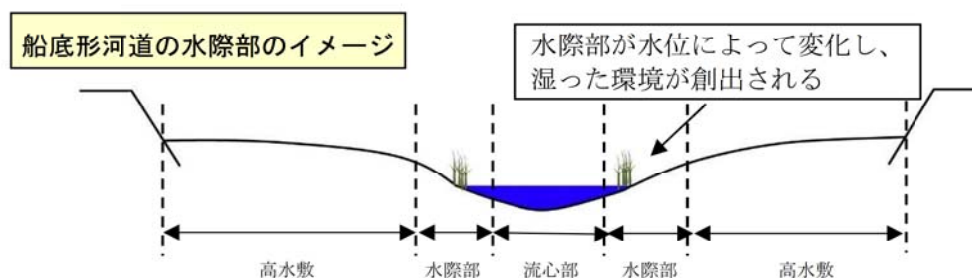


図 従来の河道断面と船底形河道のイメージ



出典：多自然川づくりポイントブックⅢ 一部修正

図 船底形河道の水際部のイメージ

3.2 遠賀川の事例

3.2.1 遠賀川緩傾斜スロープ高水敷（船底形河道）の概要

遠賀川では平成17～19年度に、18.4km～20.2kmで高水敷の緩傾斜化が実施された。河道断面形は、高水敷利用と河川景観の改善の視点から、高水敷が縦横断的に変化するように設計された。

また、設計した断面（船底形）は、洪水流量に対する縦横断的な土砂動態に対して安定し、治水と環境が調和した河道断面形であることが確認された。



自然豊かに整備された遠賀川直方の水辺

図 遠賀川緩傾斜スロープ高水敷の施工箇所

遠賀川では、地域住民・学識者・国が意見交換を行うための協議会を平成16年に設立し、市民部会等での検討内容を踏まえて平成17年度～平成21年度に整備された「遠賀川直方の水辺」は、土木学会デザイン賞2009において最優秀賞を受賞した。

（土木学会デザイン賞最優秀賞の受賞要因）

水辺に近づくことができなかった従来の河川空間を、治水安全度を向上させるとともに、『“市民が安全かつ自由に利用できる水辺”、“水を身近に感じられる水辺”』へ改変させたことが高く評価された。

緩傾斜護岸を採用することにより、親水性の高い水辺空間として、チューリップフェア等の各種イベントやオートキャンプ場、カヌー教室など、水辺の体験学習等で活用されている。

3.2章作成にあたっての参考資料：

遠賀川河川事務所広報資料、「風景のとらえ方・つくり方 九州実践編（風景デザイン研究会著）」、「2014年4月28日 水管理・国土保全局講演資料（中央大学福岡先生）」、「複断面から船底形断面河道への改修による洪水流況及び低水路河床高の変化（河川技術論文集, 第20巻, 2014年6月）」

3.2.2 遠賀川緩傾斜高水敷（船底形河道）の設計内容

遠賀川では、以下の4点を整備目的として、緩傾斜高水敷（船底形河道）の整備を行った。
また、船底形河道に改修することにより、洪水による土砂の安定が見られた。

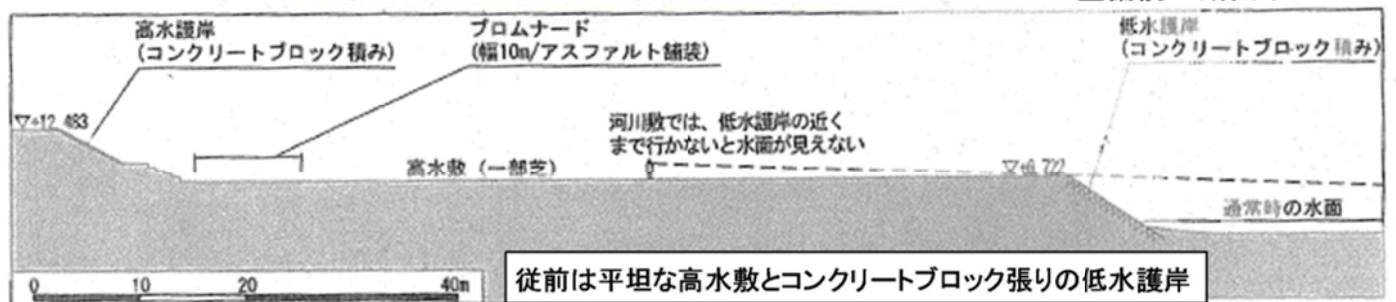
（整備による効果）

- ・河積拡大による流下能力の向上
- ・水深、流速に変化のある生物の生息域
- ・堤防前の流速が低下、洗掘防止
- ・水面まで歩いて行ける親水性

整備前



高水敷は単調な平面であり、
護岸はコンクリートに覆われていた



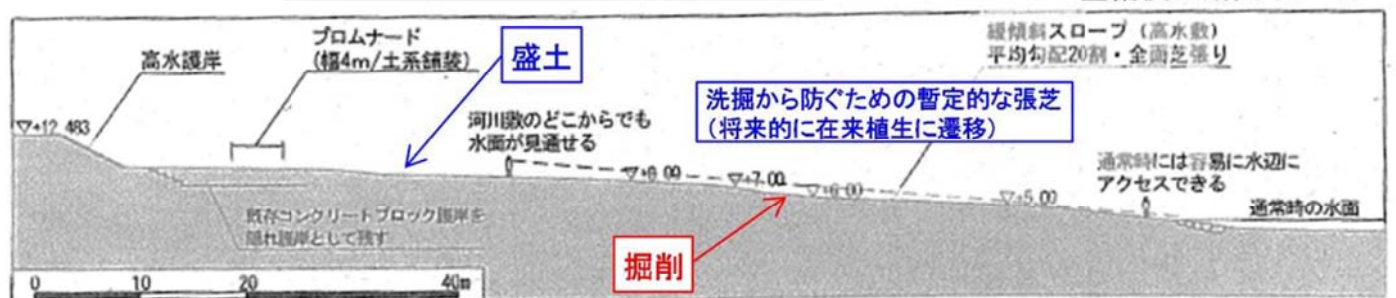
整備前の断面イメージ

従前は平坦な高水敷とコンクリートブロック張りの低水護岸

整備後



高水敷は緩やかなスロープが
水面へと続いている

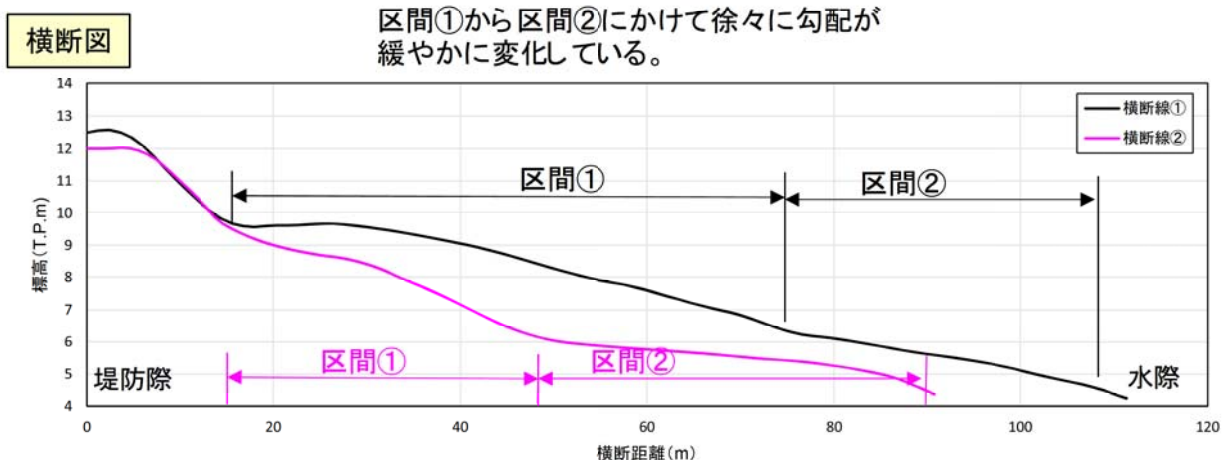
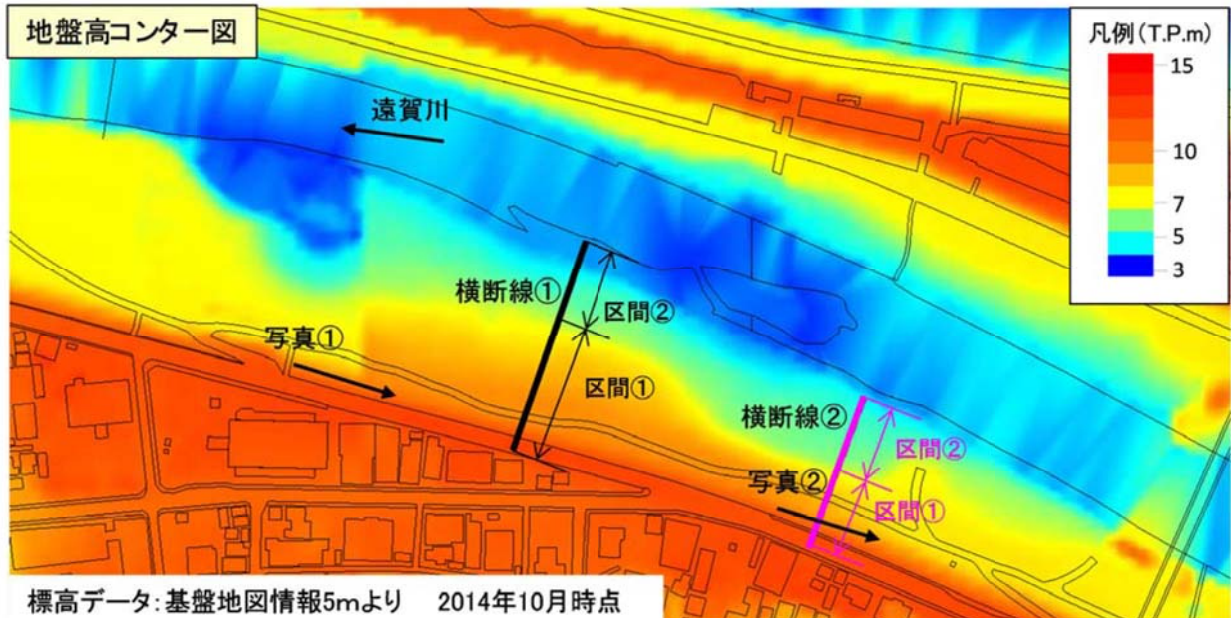


整備後の断面イメージ

図 遠賀川緩傾斜高水敷区間の整備前後の変化

(1) 横断的な変化

- ①高水護岸 : 高水護岸を覆土で覆っている箇所と覆っていない箇所がある。
高水敷利用の観点から、アクセスのしやすさが良い。
- ②高水敷 : 堤防から水際に向かって徐々に勾配が緩やかに変化する。
芝系の草で覆われており、所々に立木を配置している。



写真① 高水護岸を覆土で覆っている箇所

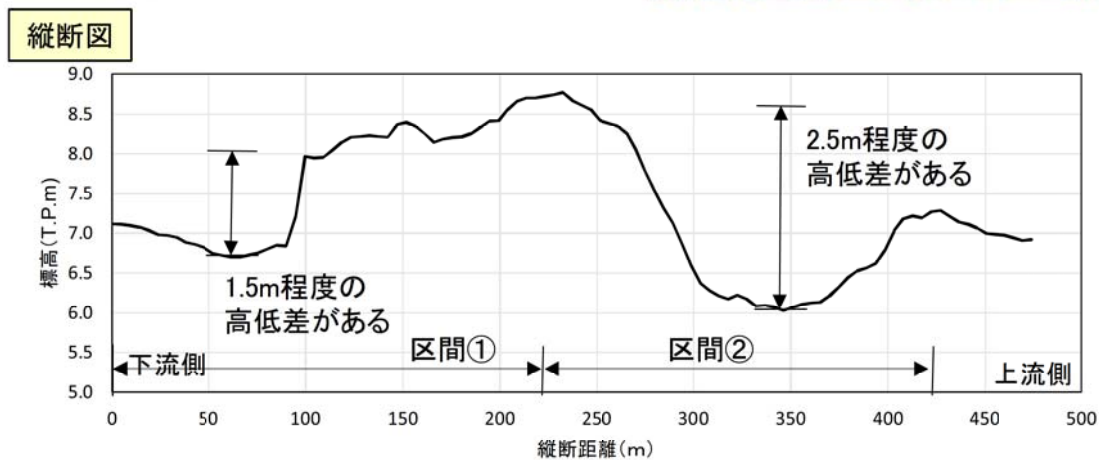
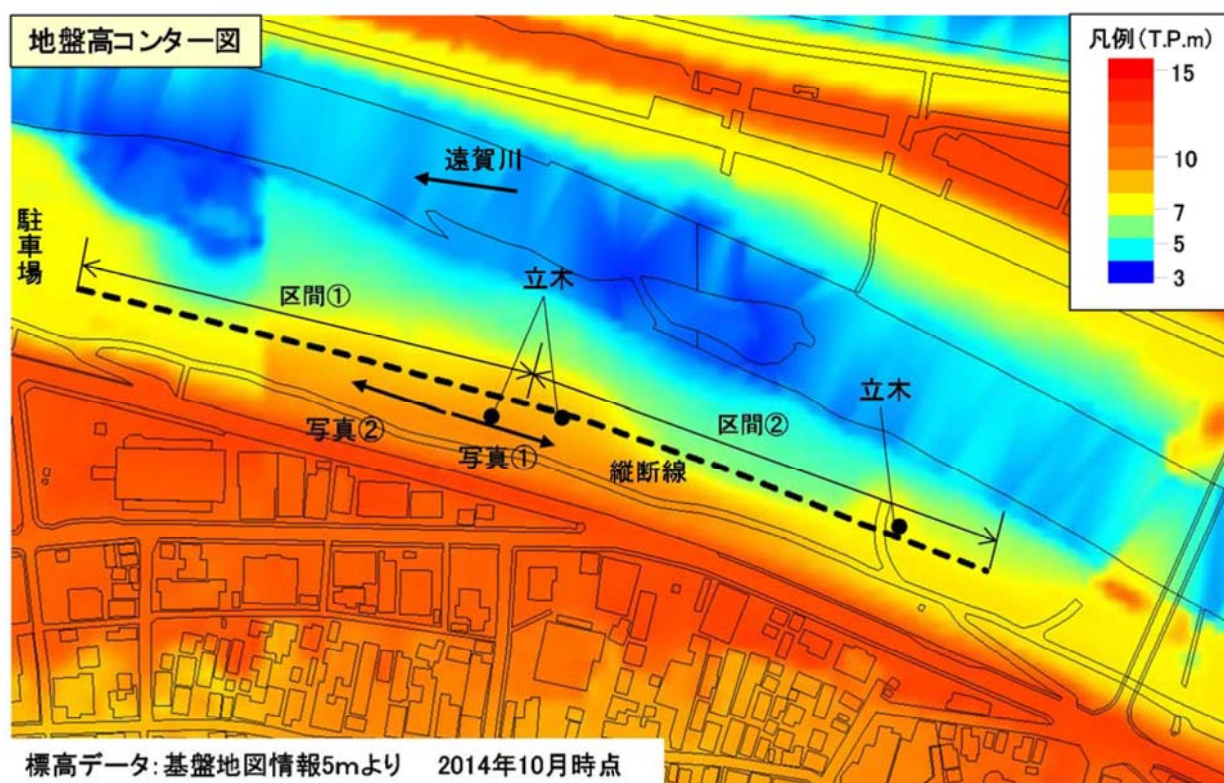


写真② 高水護岸を覆土で覆っていない箇所



(2) 平面的な高水敷の起伏変化

②高水敷上で部分的に起伏を設け、縦断的な変化が創出されている。

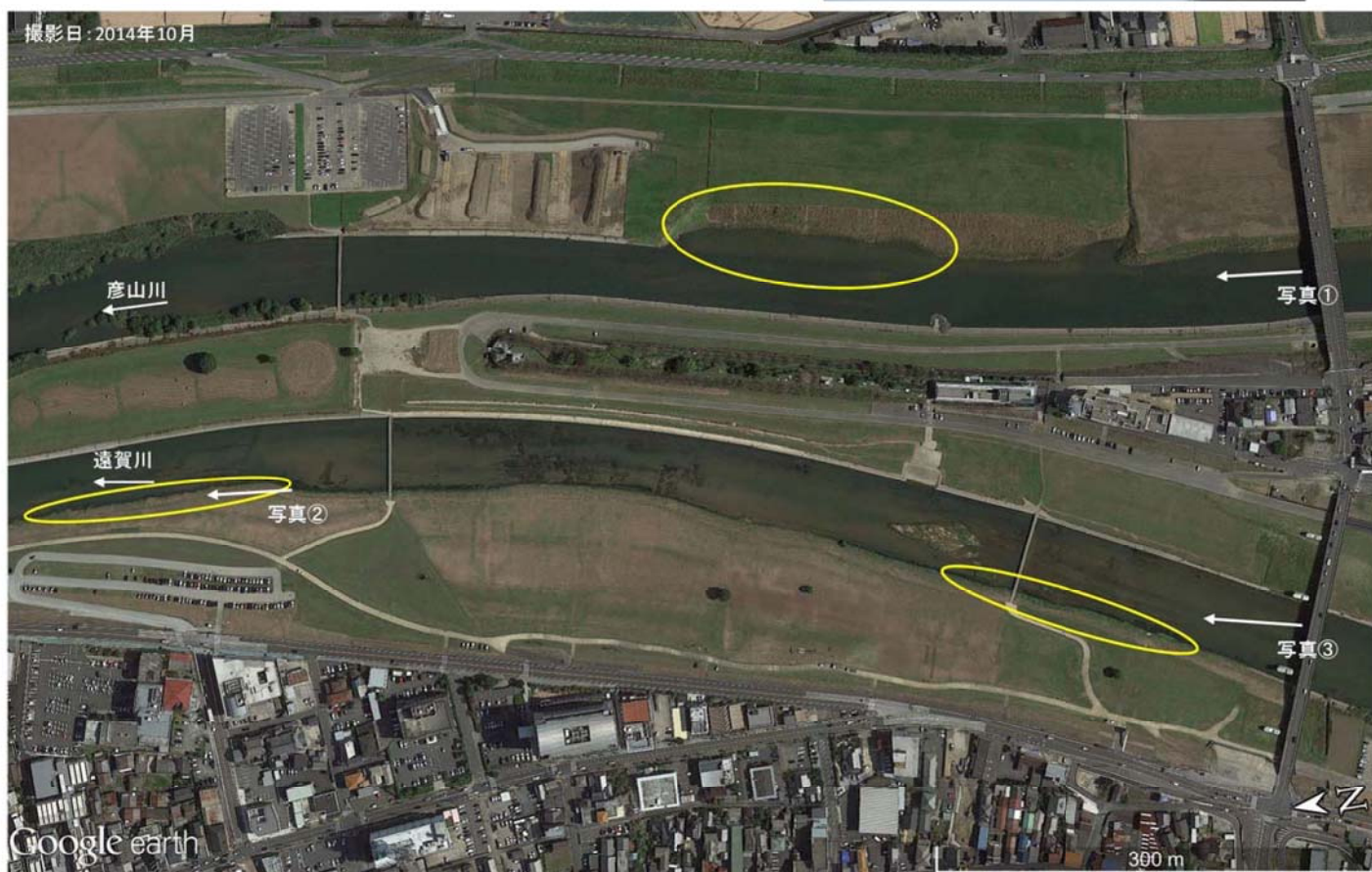


(3) 水際の縦断的な変化

- ①水際は直線ではなく凹凸を設けており、ワンド状の水際が創出されている。
- ②下流部では石組み水制が配置されて、水際に変化を与えている。

水際に凹凸を設けており、
ワンド状の水際が創出されている

写真①



写真②



石組み水制が配置されている

写真③



凹凸を設けて、
水際に変化を与えている

3.3 船底形河道の平面及び断面形状（案）

3.3.1 船底形河道の基本方針

(1) 船底形河道の基本方針

法線については、河道幅の概ね中心部を通りなめらかに設定する。

断面形については、上下流の断面と河積差が極端に生じないように設定する。

(2) 評価手法

河床の安定性の評価を行うため、評価手法を下表に示す。

表 評価手法

評価手法	概要
準二次元河床変動計算 （流下方向の流れを計算） （河床は移動床）	・船底形河道の最適案の検討を行うため実施。 ・平面二次元と比較し計算時間が短いため長期（30年間）かつ全川（0.0k～10.4k）の土砂動態の予測が可能。 ・一次元計算と異なり、1断面内のみお筋部や砂州部の堆積・洗掘傾向を予測できる。
平面二次元流況計算 （平面的な流れを計算） （河床は固定床）	・船底形河道の最適案の流況から見た効果・検証を行うため実施。 ・平面的な河川のみお筋、砂州の形状を反映し、水理諸量の計算が可能。 ・水理諸量から、無次元掃流量を算出することによって河床の安定性を簡易的に評価することができる。 ・平面二次元計算河床変動計算と比較し計算時間が短く、平面的な流れの計算を実施する場合に適用する。
福岡の式による評価 （無次元水深、無次元川幅、 無次元流量により評価）	・船底形河道の最適案の効果・検証を行うため実施。 ・簡易的な手法で断面毎、流量規模毎の河床の安定性を検証することができる。
平面二次元河床変動計算 （平面的な流れを計算） （河床は移動床）	・船底形河道の最適案の効果・検証を行うため実施。 ・平面的な河川のみお筋、砂州の形状を反映し、河床高等の予測が可能。

3.3.2 初期断面設定の検討

(1) 初期断面設定

船底形河道の設定方針として縦断線形、横断線形は部分的に堆積しないようになめらかに設定した。(極端な急縮急拡があると部分的に堆積傾向になる)

船底形河道と現況河道との上下流接合部(8.4k~8.6k、9.6k~9.8k)は、土砂が部分的に堆積しないようになめらかに設定した。

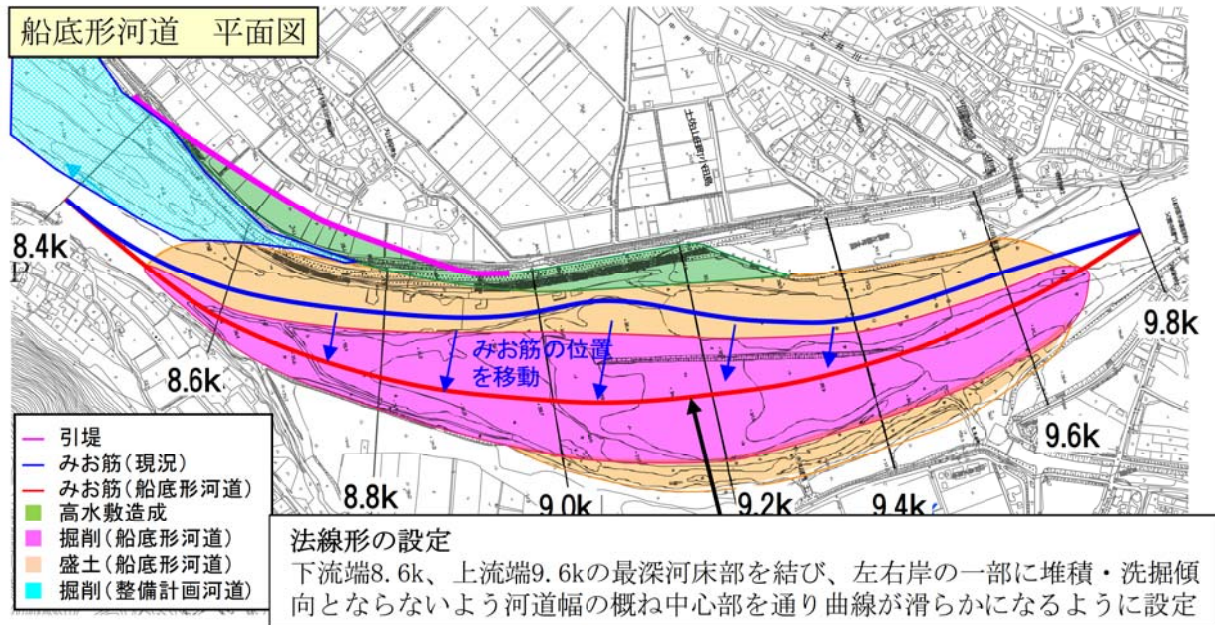


図 船底形河道 平面図

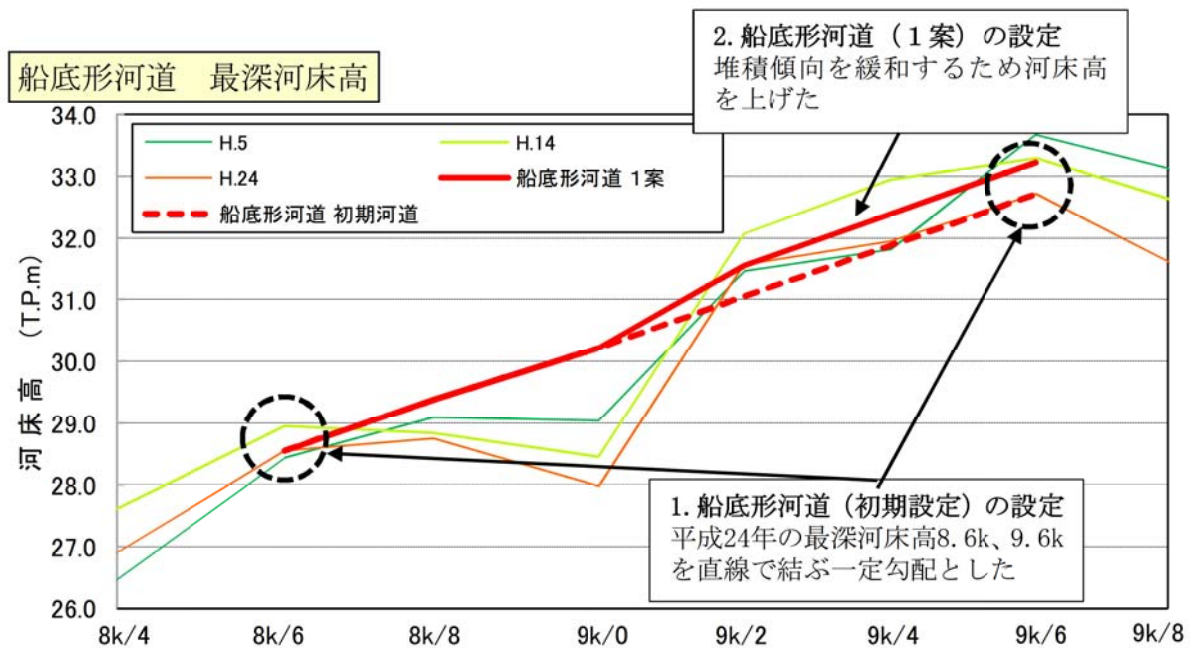


図 船底形河道 最深河床高

船底形河道 横断図

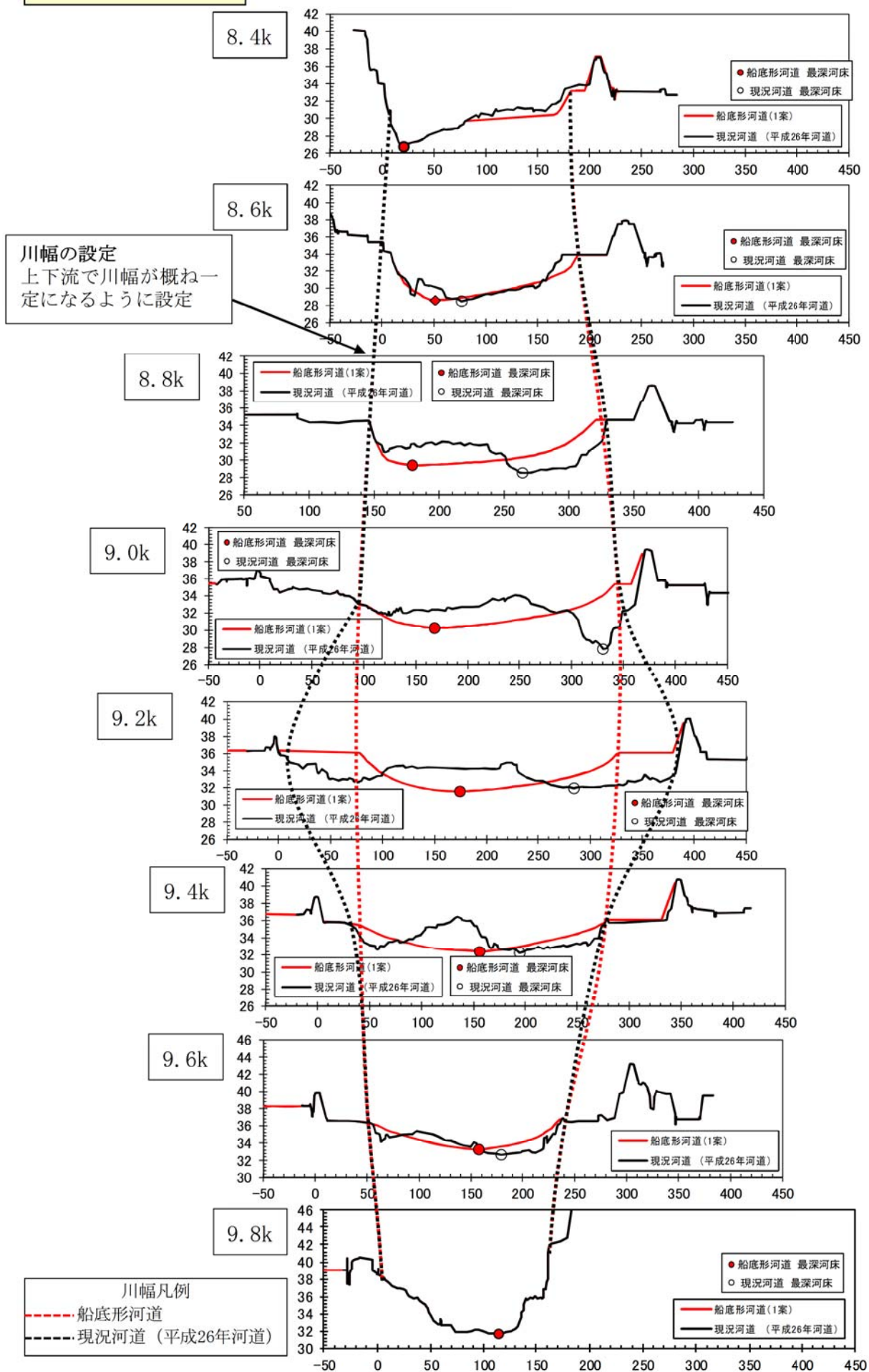
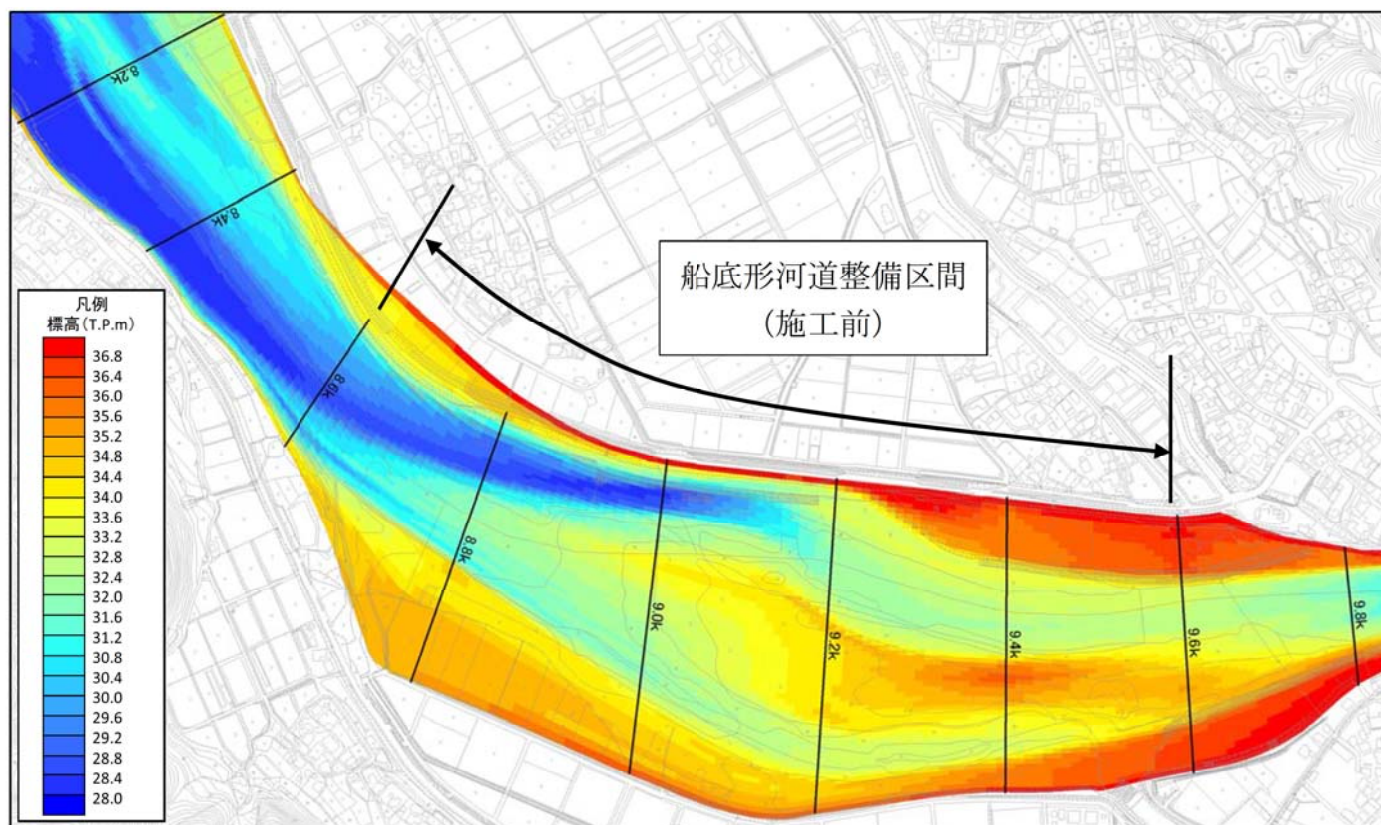
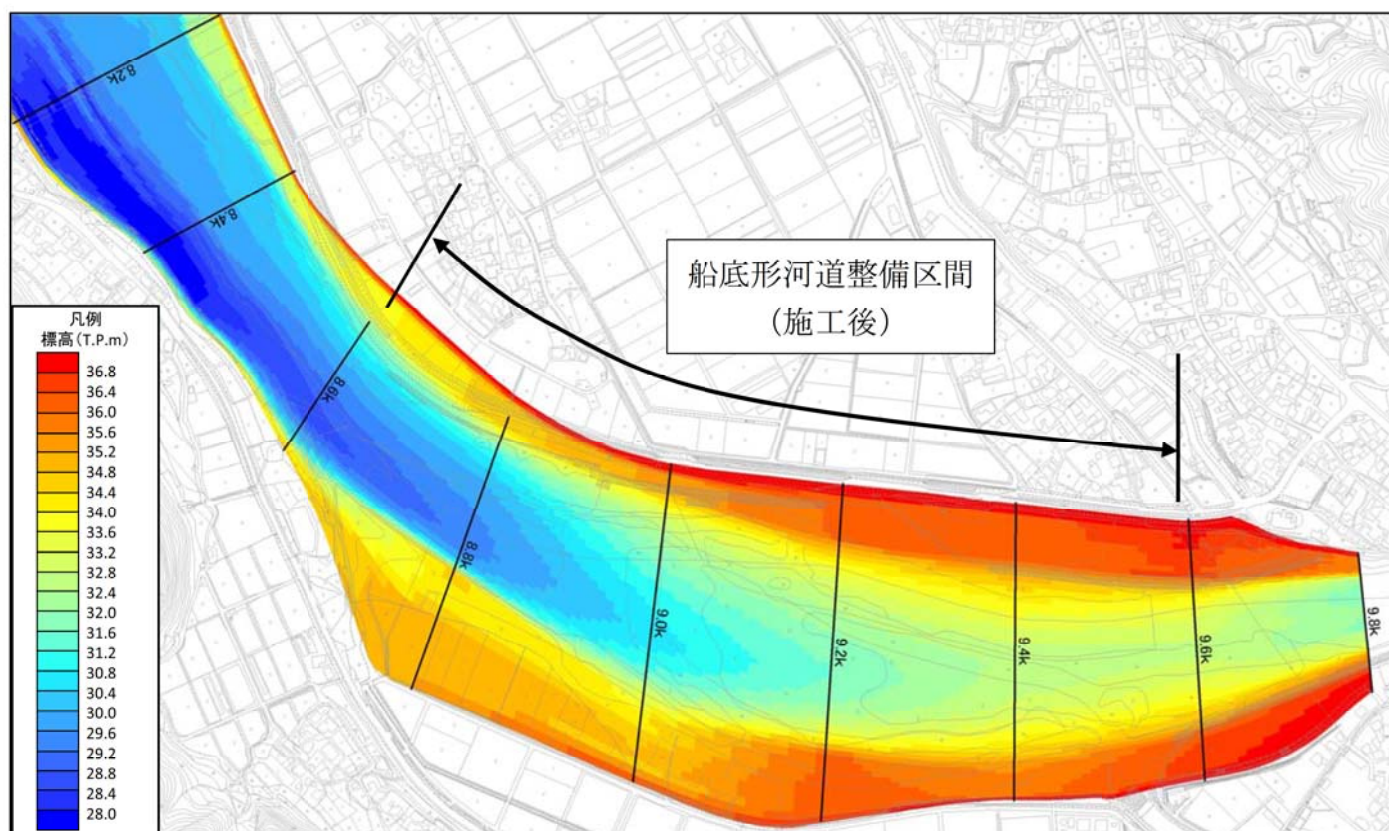


図 船底形河道 横断図



施工前 現況河道（平成 26 年河道）



施工後 船底形河道

図 船底形河道施工前後の地盤高コンター図

(2) 河床の安定性の評価

船底形河道（1案）の将来の堆積・洗掘傾向を確認するため、河床変動計算手法は、長期的（30年）計算が比較的容易である準二次元河床変動計算手法で長期的（30年間：昭和60年～平成26年の流況）の河床変動計算を行った。

計算結果は船底形河道の対象区間8.6k～9.6kにおいて、9.6kで-0.4mを超えており変動が比較的大きくなる。

また、船底形河道（1案）は現況河道より堆積傾向にあるため、将来安定する30年後の河道を基に河道断面を検討する（船底形河道（2案））。

※河道の安定性の目安として、10年間の河床の変動高が0.3～0.4m程度であれば安定すると判断した。出典：河道計画検討の手引き

船底形河道の安定性評価

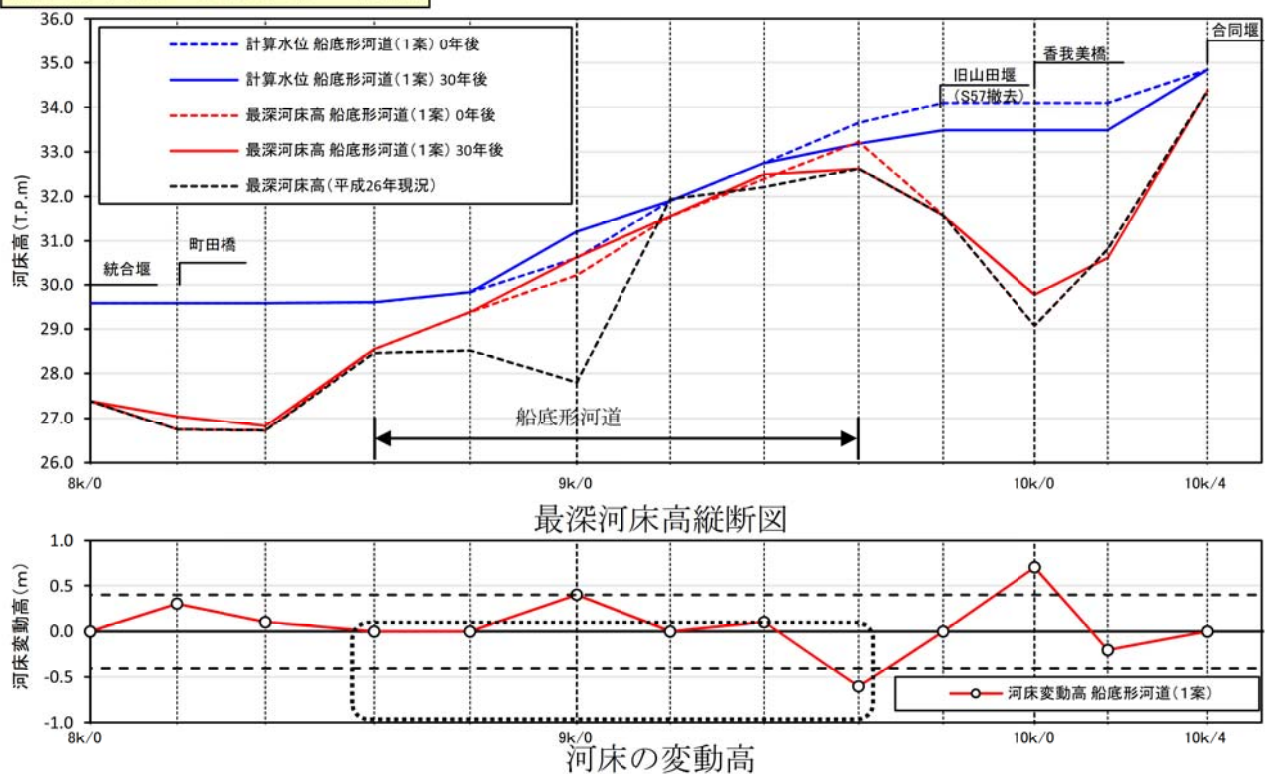


図 河床変動計算結果（30年間）

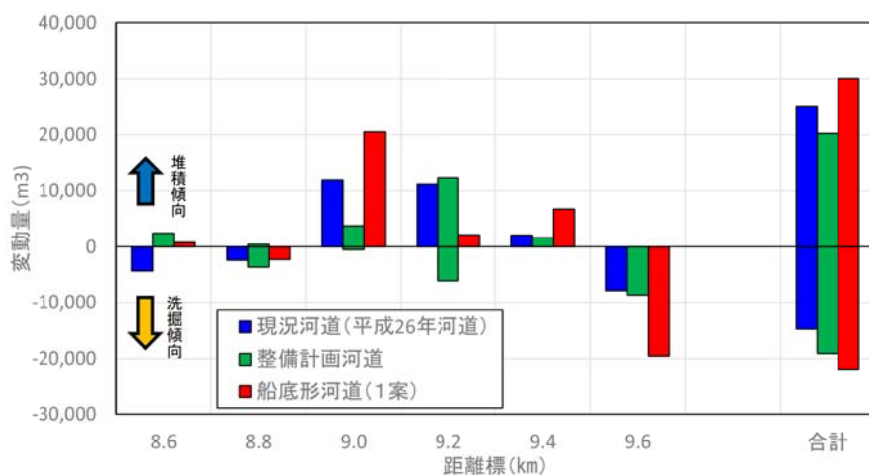


図 土砂変動量（30年間） 河床変動計算結果

※30年後の堆積・洗掘変動量

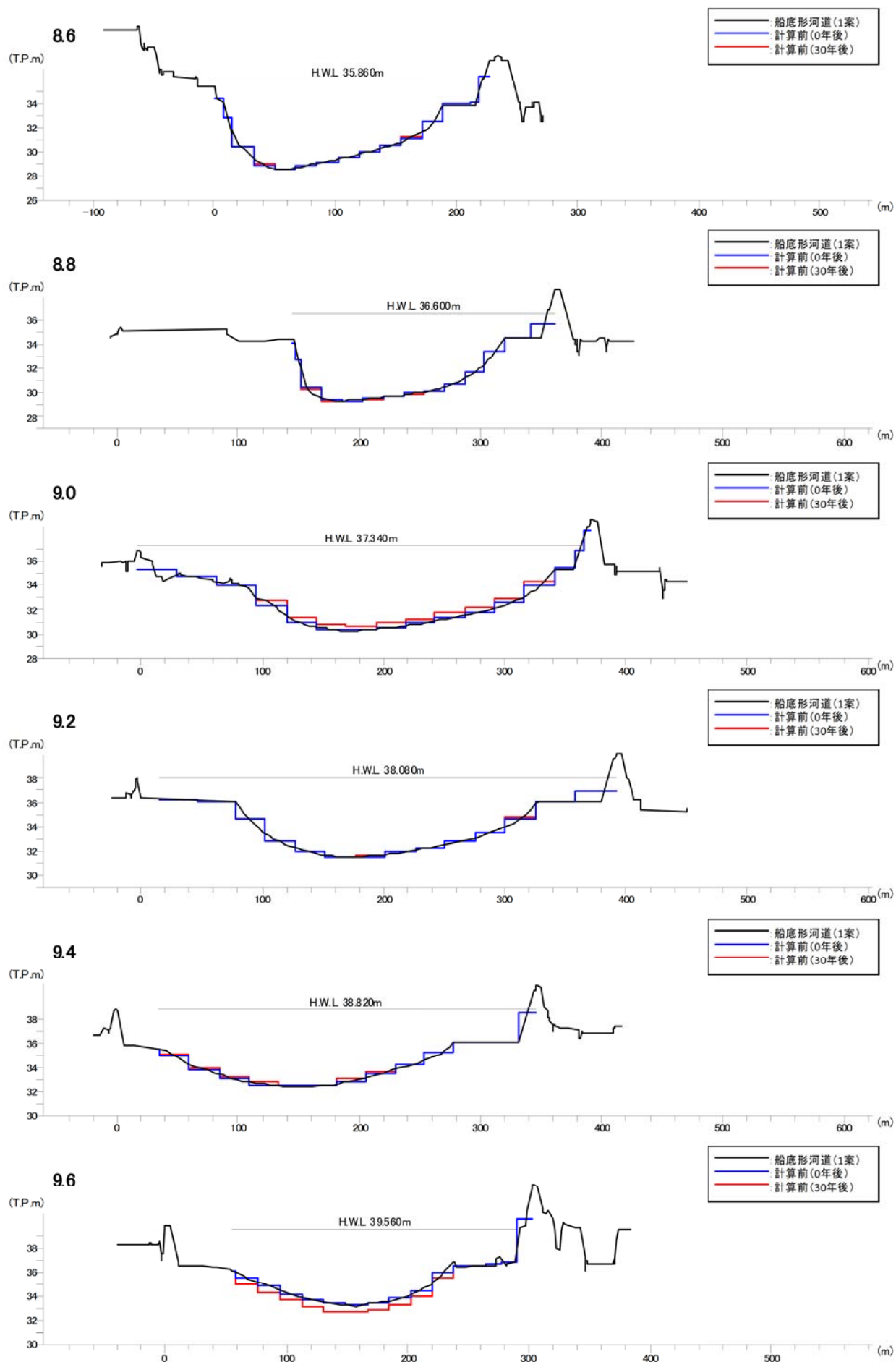


図 横断面 河床変動計算結果 (30 年間)

(3) 船底形河道整備区間と上下流接合部の連続性

船底形河道整備区間（8.6k～9.6k）と上下流接合部において横断方向に一様な無次元掃流力の分布となるため、一部で堆積・洗掘傾向にはならない。

下図に平面二次元流況解析より算出した無次元掃流力分布図を示す。

※無次元掃流力とは河床の砂粒子が川の流れによって移動するときの移動のしやすさをあわせており、ここでは、平成18年度調査（最新）の8.0k、9.0k、10.0kの代表粒径（d60）の平均値（57.7mm）を用いた。

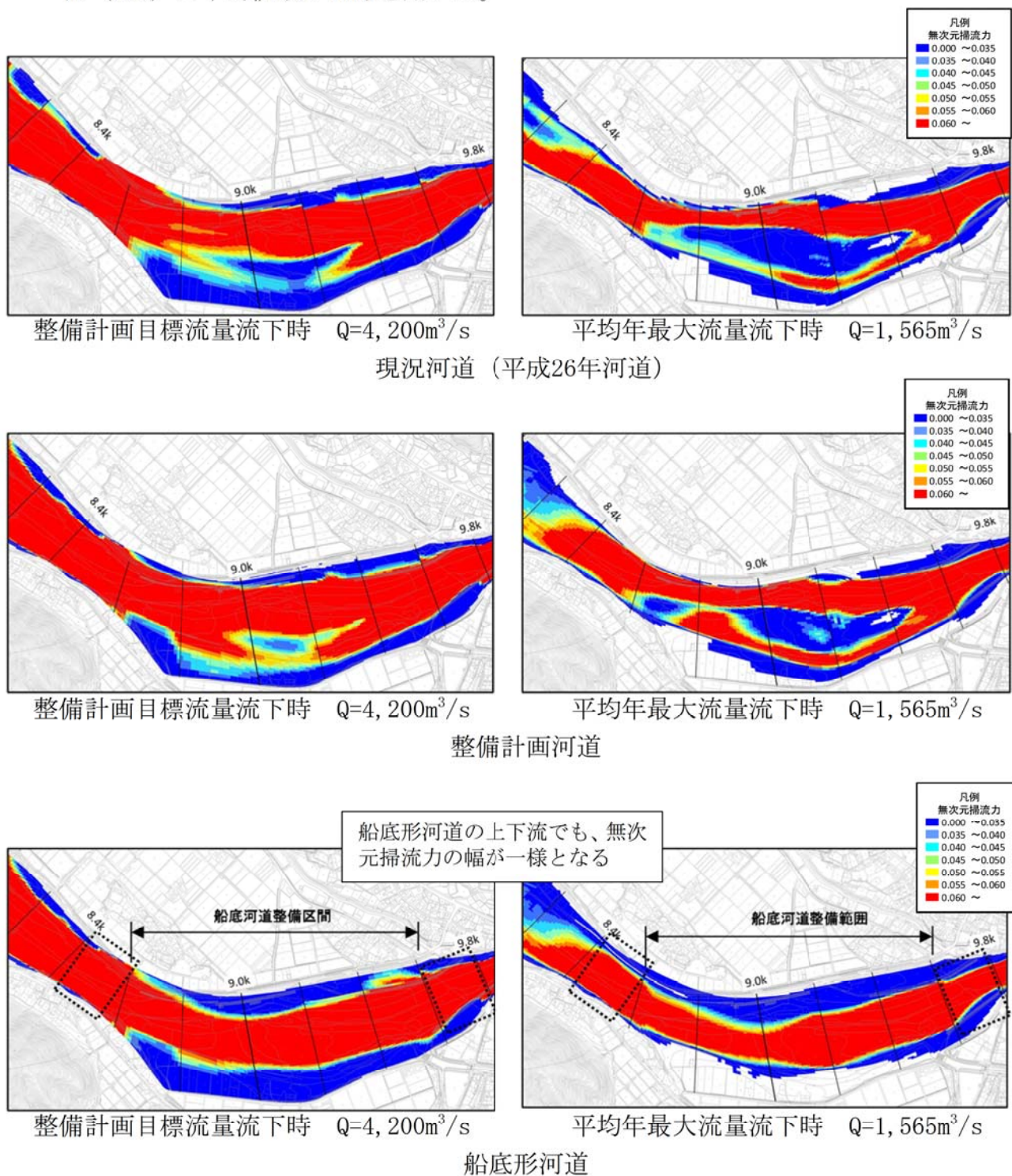


図 無次元掃流力 分布図

3.3.3 最適断面設定の検討

船底形河道（1案）の30年後の河床変動計算結果から断面毎の平均変動高を、船底形河道（1案）の河床高に増減して河床高を設定した。（船底形河道（2案））

船底形河道（2案）の法線形は船底形河道（1案）と同様に設定した。

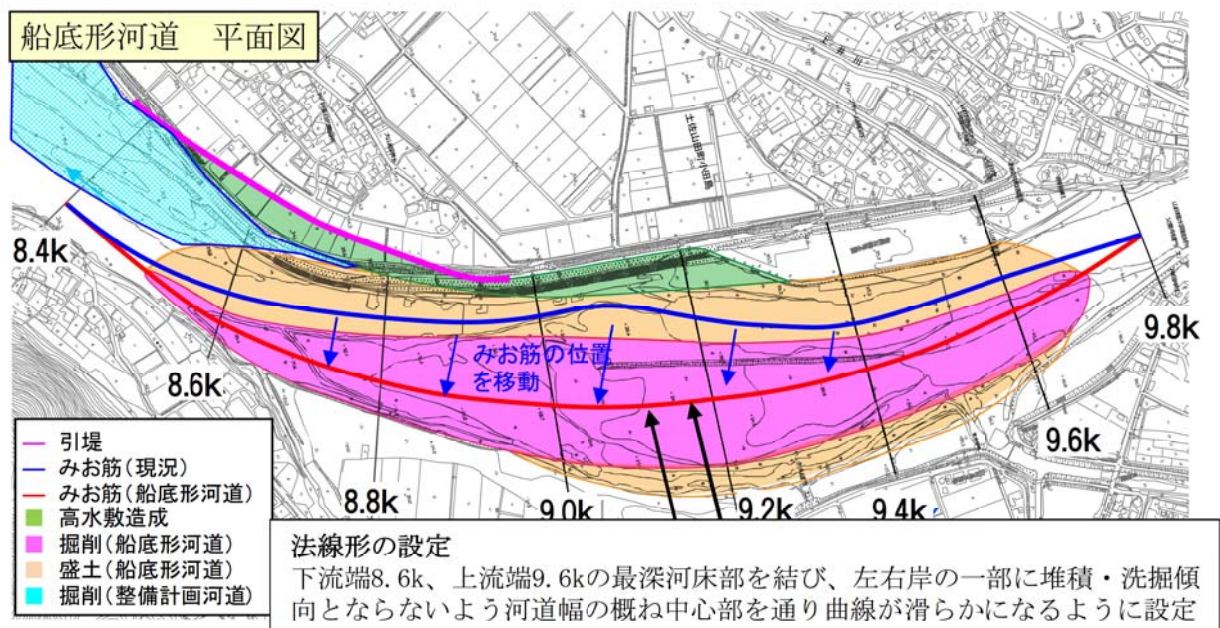


図 船底形河道 平面図

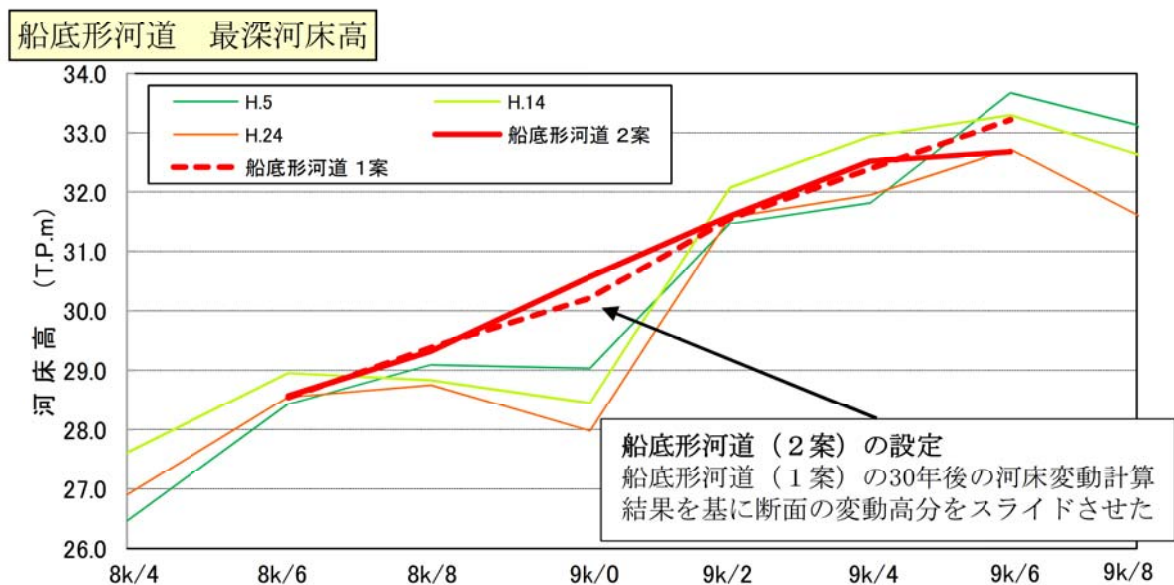


図 船底形河道 (2案) 最深河床高

船底形河道 横断図

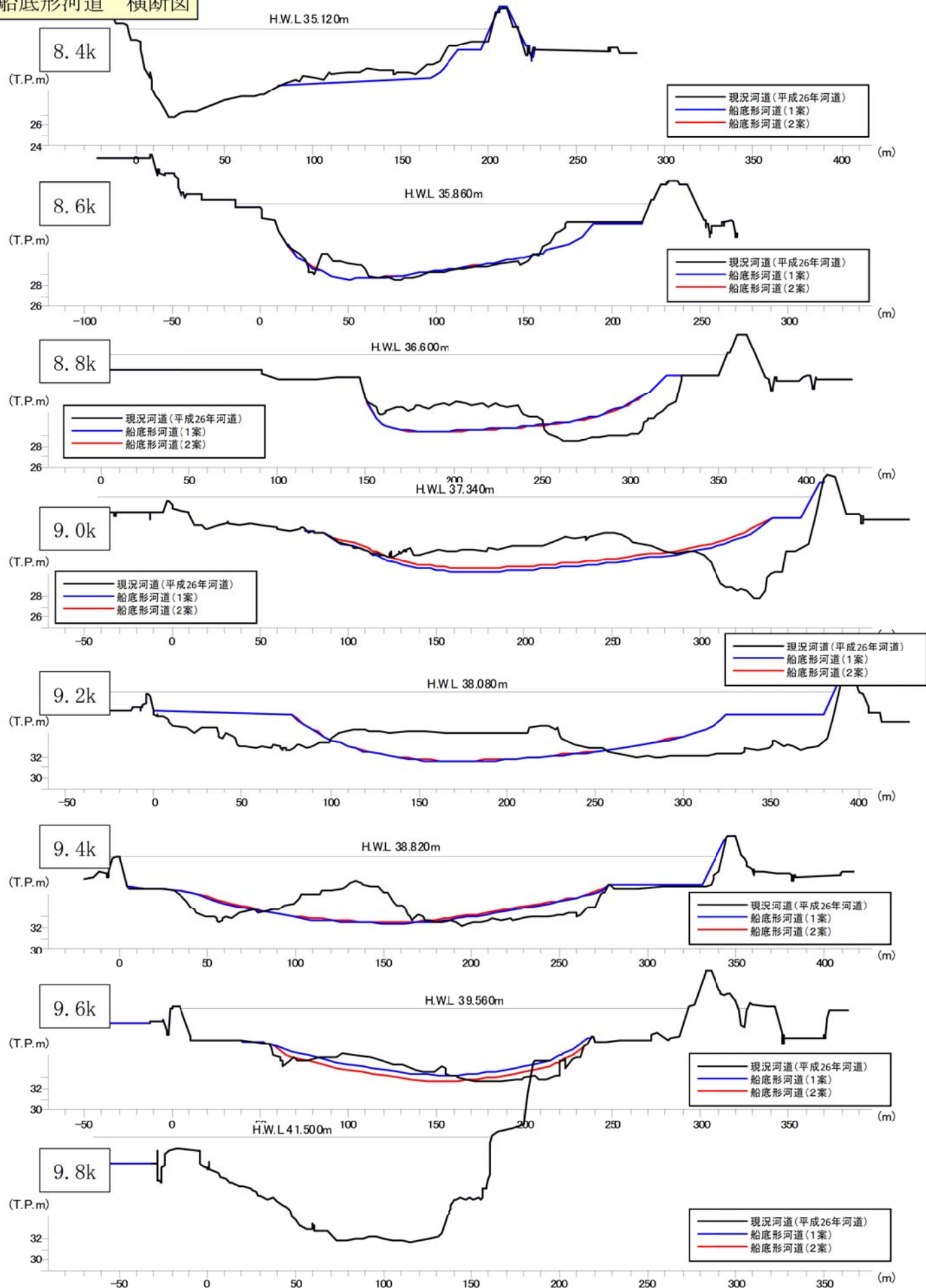


図 船底形河道 (2案) 横断図

(1) 河床の安定性の評価

船底形河道（2案）の将来の堆積・洗掘傾向を確認するため、河床変動計算手法は、長期的（30年）計算が比較的容易である準二次元河床変動計算手法で長期的（30年間）の河床変動計算を行った。

計算結果は船底形河道の対象区間8.6k～9.6kにおいて、 $\pm 0.4\text{m}$ を以内であるため安定傾向にある。

また、船底形河道（2案）は現況河道より堆積・洗掘傾向とも少ない。

※河道の安定性の目安として、10年間の河床の変動高が $0.3\sim 0.4\text{m}$ 程度であれば安定すると判断した。出典：河道計画検討の手引き

船底形河道の安定性評価

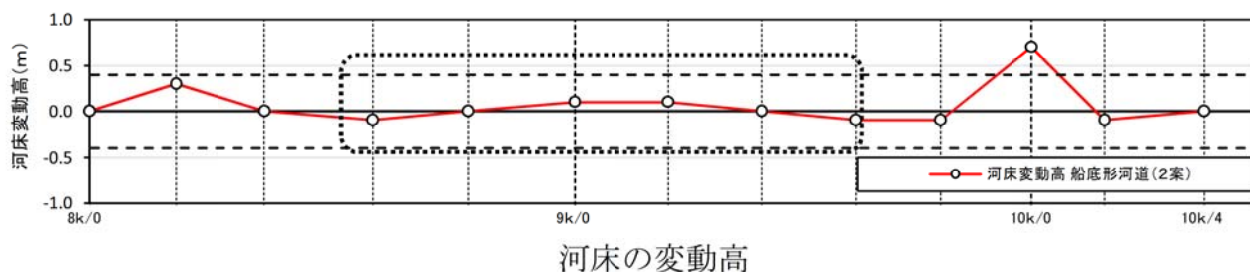
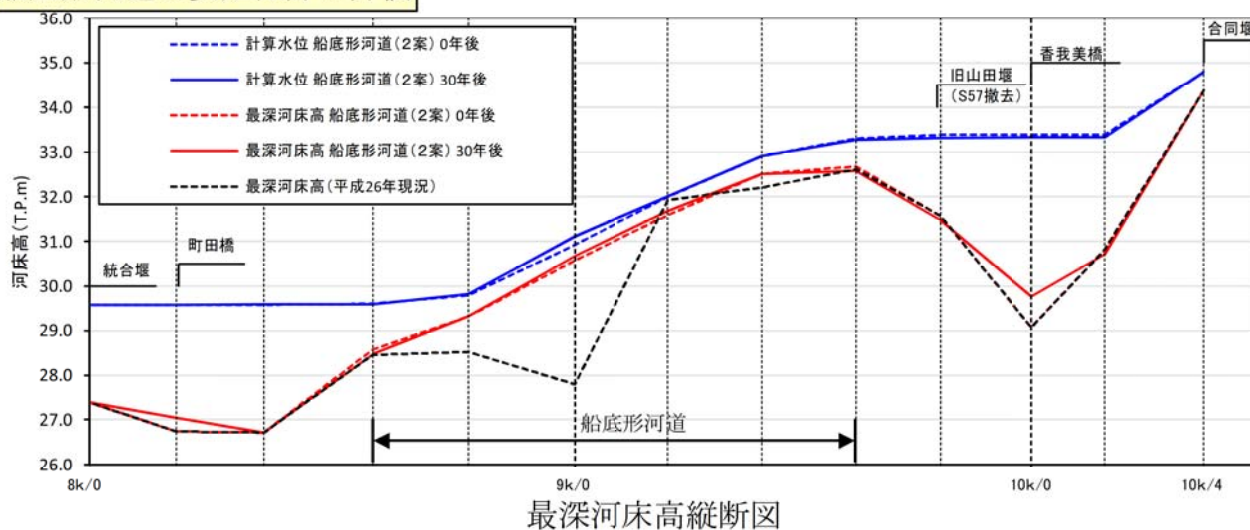


図 河床変動計算結果（30年間）

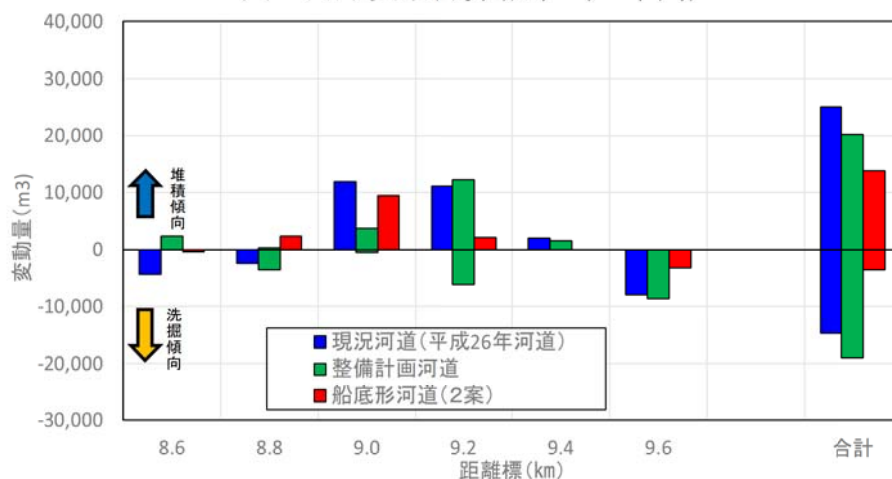


図 土砂変動量（30年間） 河床変動計算結果
※30年後の堆積・洗掘変動量

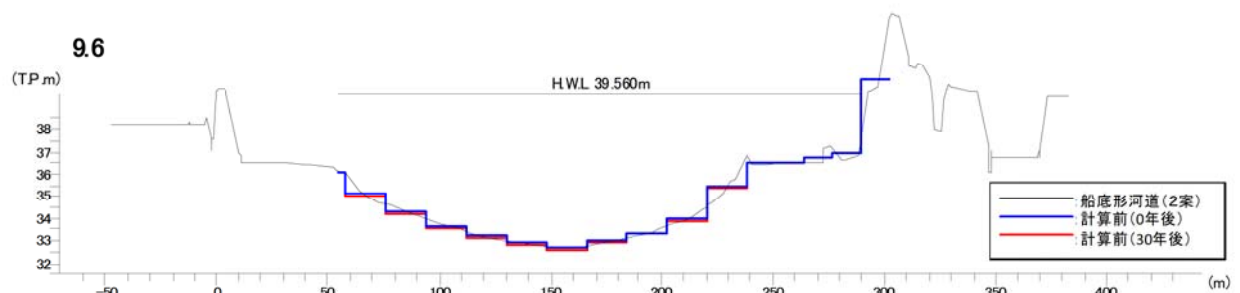
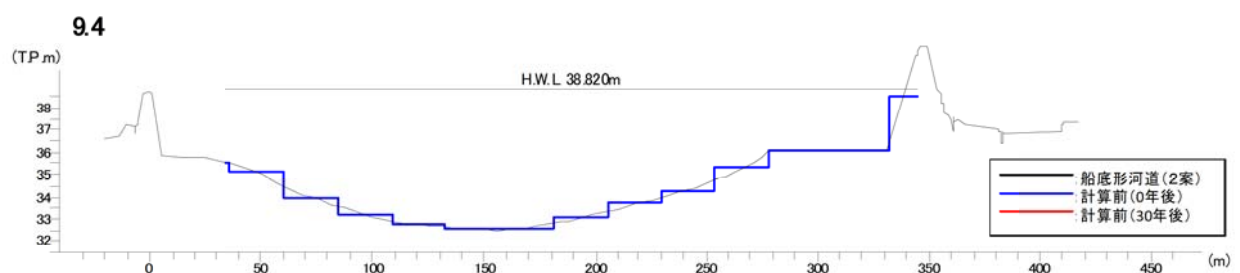
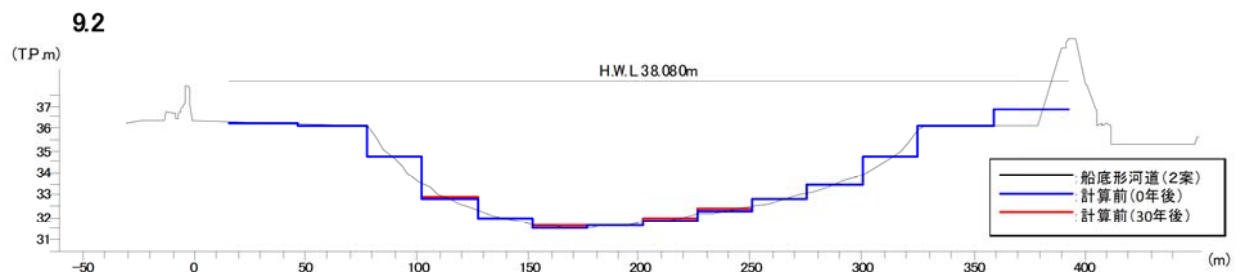
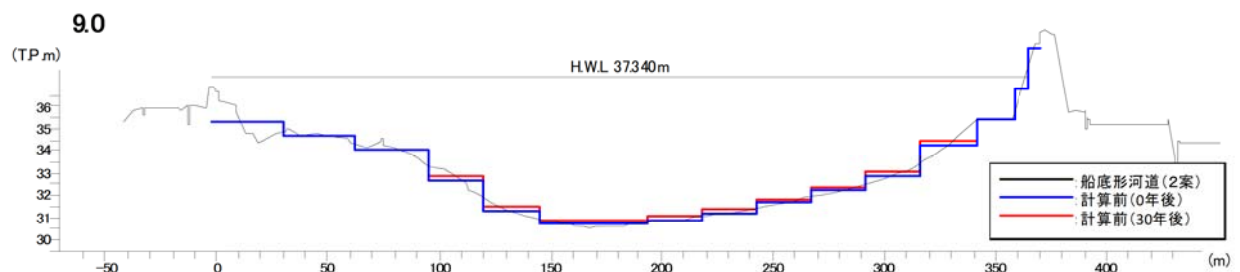
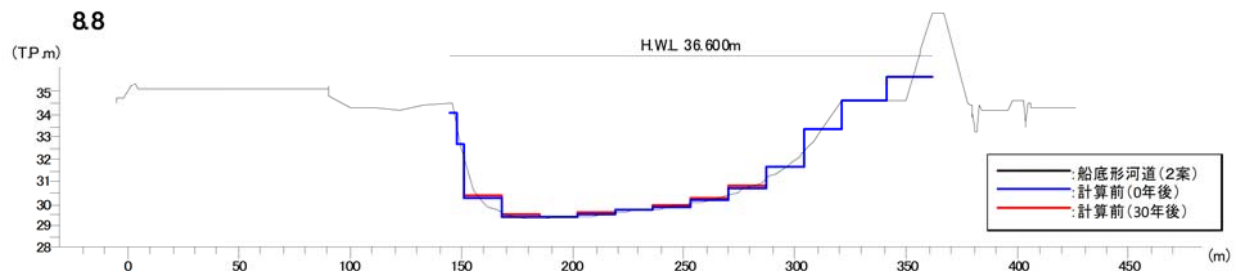
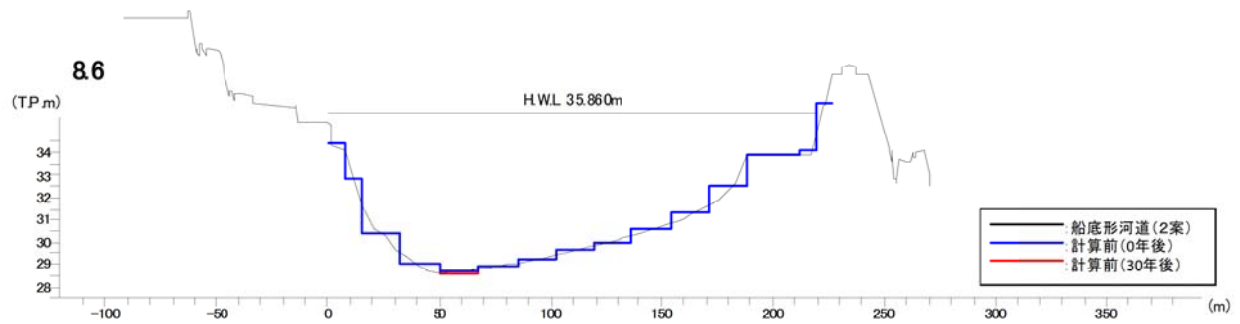


図 横断図 河床変動計算結果 (30年間)

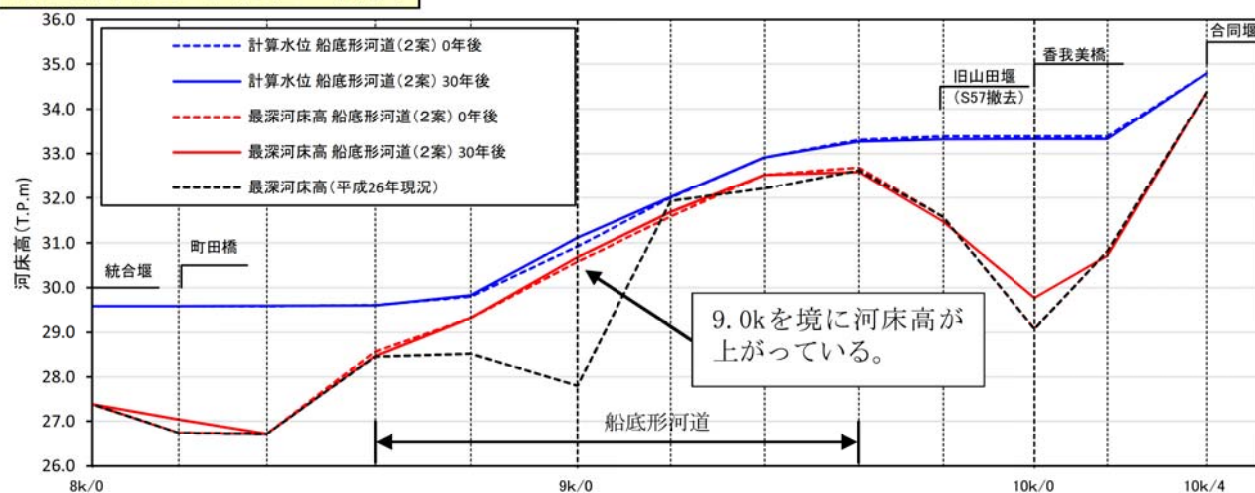
3.3.4 最適断面の検証

船底形河道（2案）は9.0k断面において30年間で0.1m程度の再堆積が見られるため、河床の土砂動態（堆積洗掘）が緩和される河道形状の検討を行う。

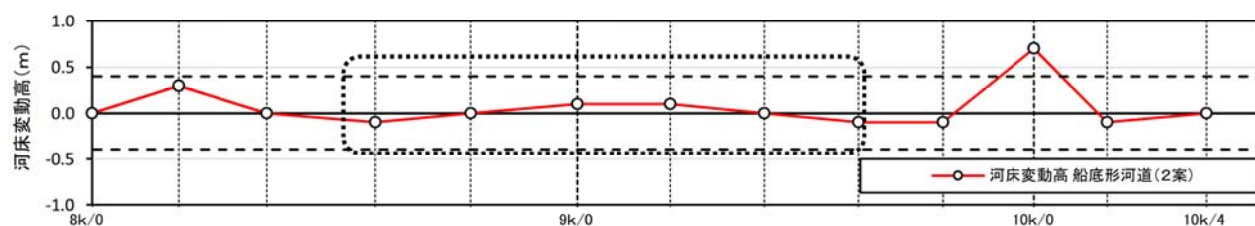
船底形河道（2案）の縦断形状は9.0kで最深河床高が上に凸となる縦断勾配変化点となっており縦断線形がなめらかとなっていない。

9.0k断面を上下流一様勾配とし、9.0kの勾配を上げ流速を上がることで9.0kの、再堆積の状況について感度分析した。

船底形河道の安定性の評価



最深河床高縦断図



河床の変動高

図 河床変動計算結果（30年間）

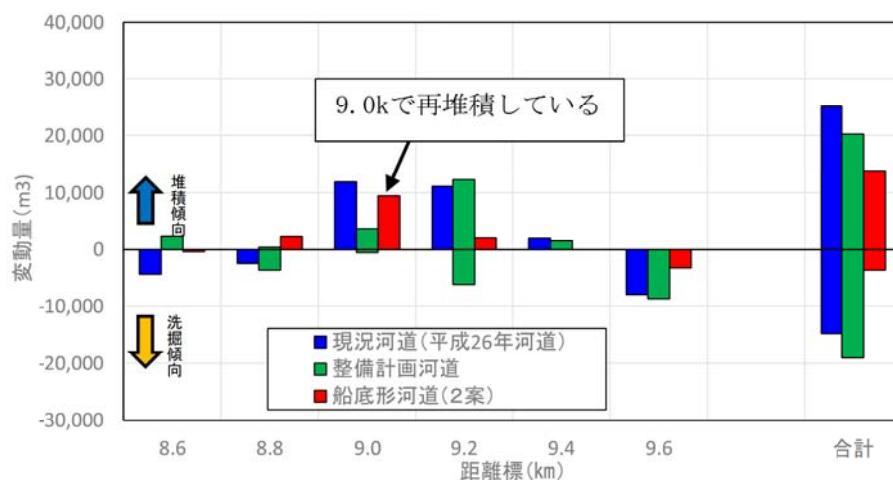


図 土砂変動量（30年間） 河床変動計算結果

※30年後の堆積・洗掘変動量

感度分析のケースを下記に示す。

【感度分析の概要】

・船底形河道（3案）

船底形河道（2案）を基に8.6k～9.2kの断面を一樣勾配とし、9.0kの再堆積を緩和する。

→8.8kの河床高を上げたことによって河積が狭まり流下能力が9.0kで不足する。

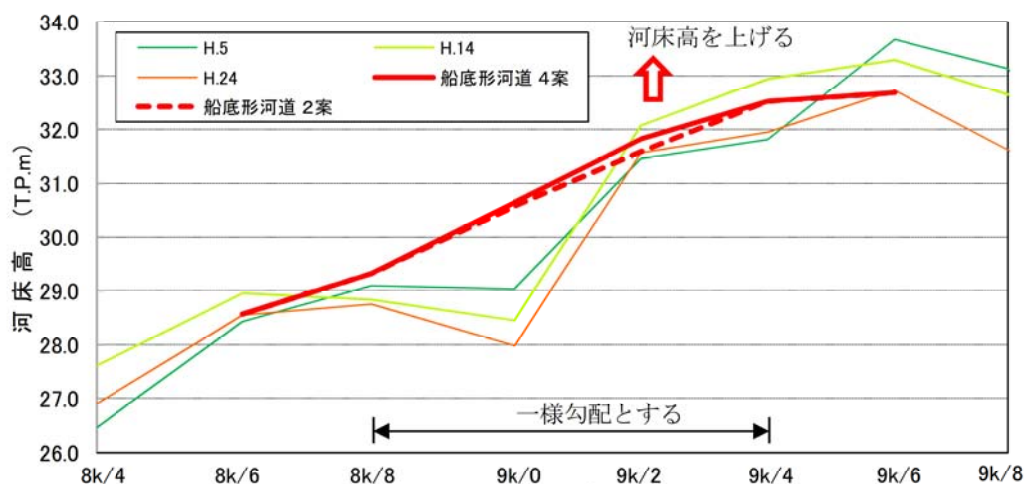
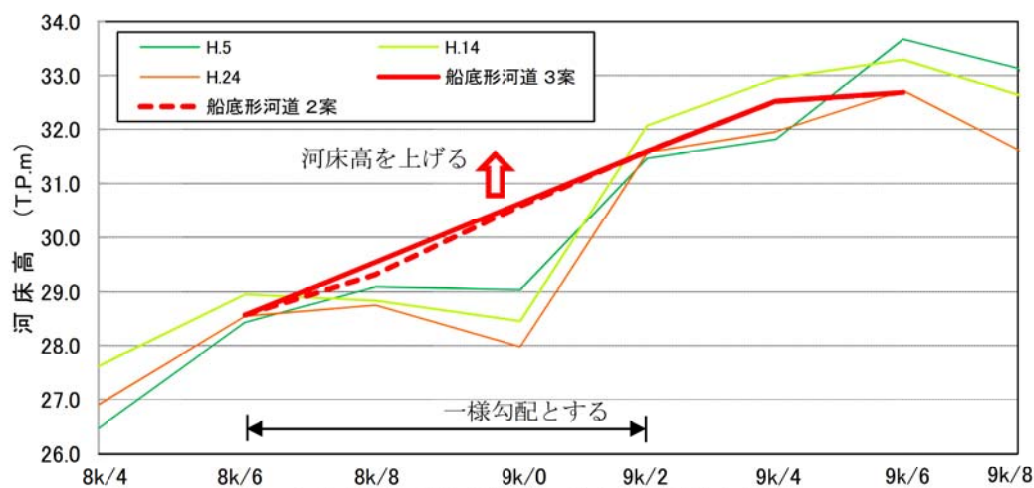
・船底形河道（4案）

船底形河道（3案）で8.8kの河床高を上げれないため、船底形河道（2案）を基に8.8k～9.2kの断面を一樣勾配とし、9.0kの再堆積を緩和する。

→流下能力は満足するが、9.0kで再堆積し船底形河道（2案）より堆積量が増加する。

⇒船底形河道（2案）の再堆積を緩和するため、河床高を上げて上下流の河床勾配を一樣にしたが、船底形河道（2案）より流下能力が向上し、再堆積が緩和するケースはない。

そのため、船底形河道（2案）の断面形状が最適な案となる。



(1) 船底形河道の（3案）の評価

船底形河道（3案）の河道形状に対し流下能力の確認をするため、整備計画目標流量（4,200m³/s）流下時の水位計算を行い、流下能力が不足することを確認した。

8.8kの河積が小さくなったことで9.0kの水位が上り、計算水位がHWLを超過するため船底形河道（3案）は棄却する。

船底形河道（3案）の水位縦断面図

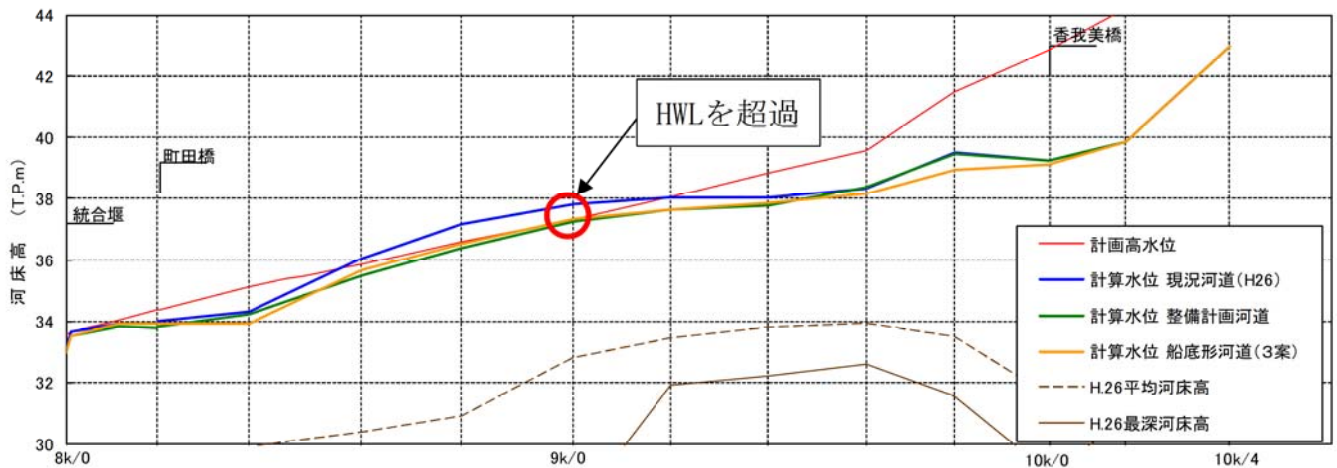


図- 水位縦断面図 整備計画目標流量流下時 (Q=4,200m³/s)

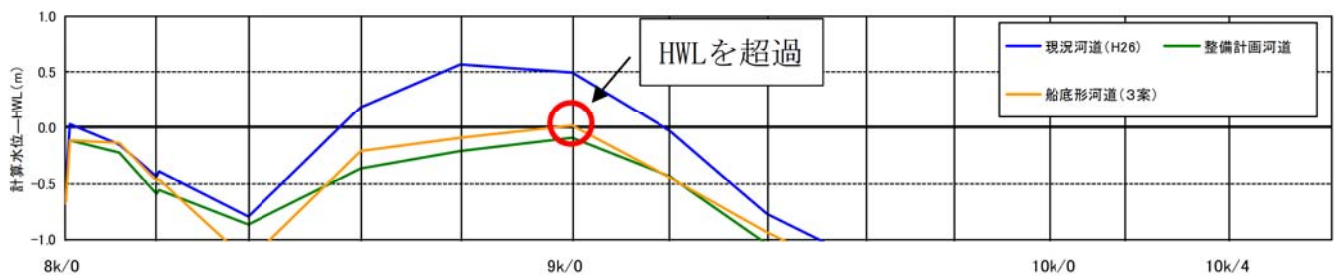


図-水位差縦断面図 (計算水位-HWL) 整備計画目標流量流下時 (Q=4,200m³/s)

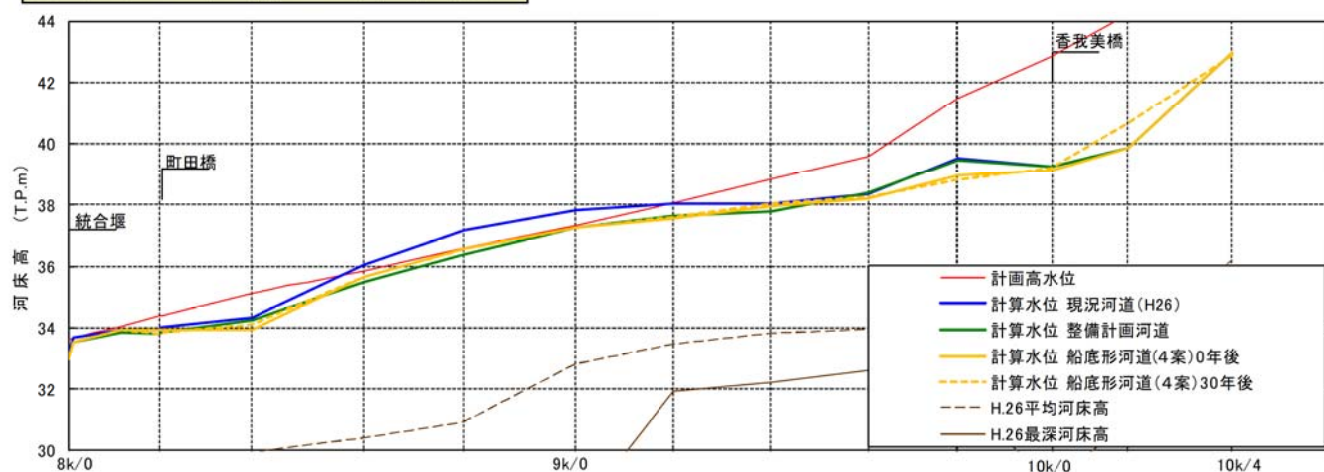
(2) 船底形河道の（４案）の評価

1) 流下能力の確認

船底形河道（３案）で8.8kの河積を小さくすることができないため、船底形河道（２案）を基に8.8k～9.2kの断面を一樣勾配とし、9.0kの再堆積を緩和する案（船底形河道（４案））を検討する。

船底形河道（３案）と同様に、整備計画目標流量（4,200m³/s）流下時の水位計算を行い、流下能力が確保することを確認した。

船底形河道（４案）の水位縦断面図



図－ 水位縦断面図 整備計画目標流量流下時（ $Q=4,200\text{m}^3/\text{s}$ ）

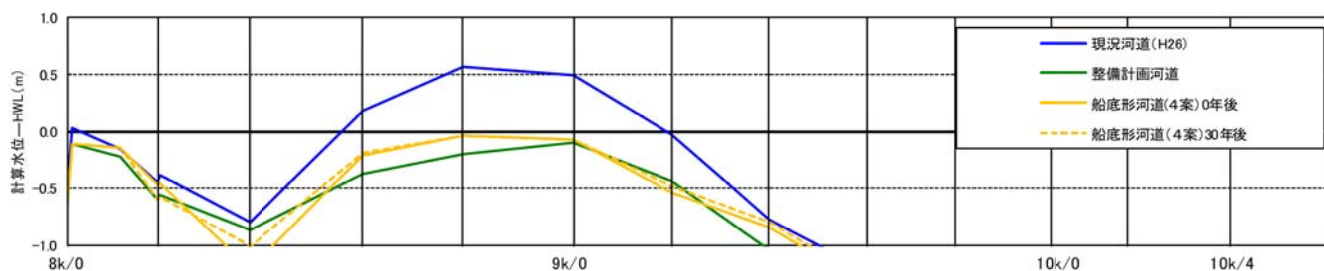


図-水位差縦断面図（計算水位-HWL） 整備計画目標流量流下時（ $Q=4,200\text{m}^3/\text{s}$ ）

2) 河床の安定性の評価

船底形河道（4案）の再堆積の状況を確認するため、長期（30年間）の準二次元河床変動計算を行った。

船底形河道（4案）は船底形河道（2案）より堆積量が増加する結果となり、再堆積が小さい船底形河道（2案）が最適な案となる。

船底形河道（4案）の河床変動将来予測（30年間）

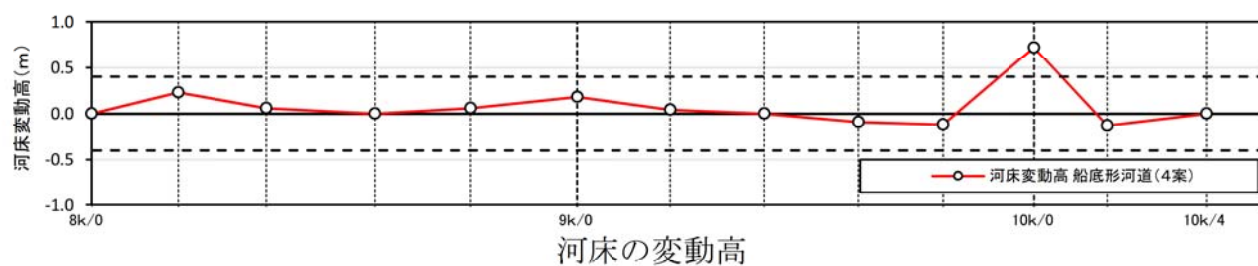
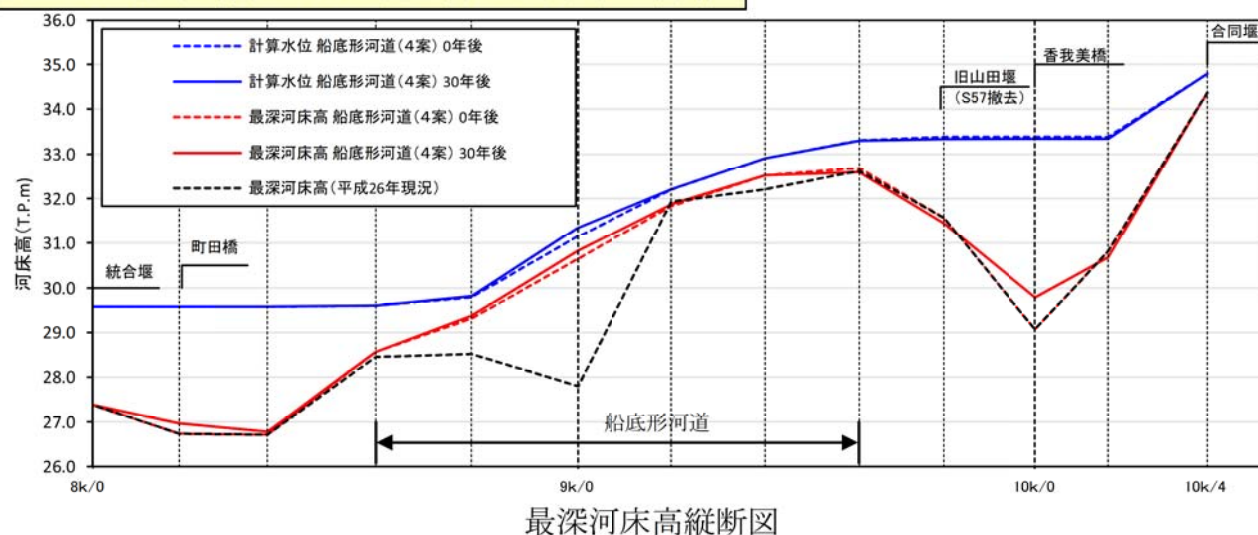
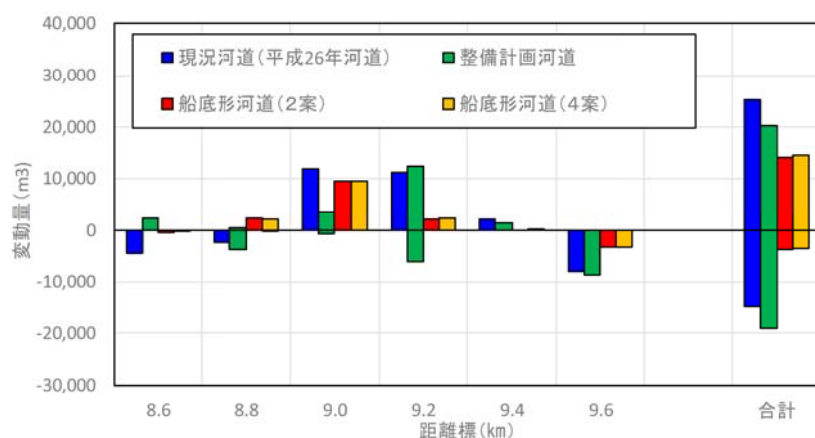


図 河床の変動計算結果（30年間）



	変動量(m ³)	
	堆積量	洗掘量
現況河道	25,091	14,737
整備計画河道	20,234	19,035
船底形河道(2案)	13,820	3,651
船底形河道(4案)	14,265	3,557

図 土砂変動量（30年間）河床変動計算結果

※30年後の堆積・洗掘変動量

3.4 船底形河道を実施することによる効果・影響

3.4.1 治水面

船底形河道（2案）とすることによる効果・影響を整理した。

(1) 流下能力

船底形河道（2案）について流下能力の確認をするため、整備計画目標流量流下時の水位計算を行い、流下能力を確保することを確認した。

また、船底形河道（2案）の30年後の河床においても流下能力を確保することを確認した。

水位計算手法は整備計画等で用いられている準二次元不等流計算とし、河床変動計算は準二次元河床変動計算とした。

※高水敷と低水路の境界混合係数は考慮して計算を実施。

船底形河道（2案）の水位縦断面図

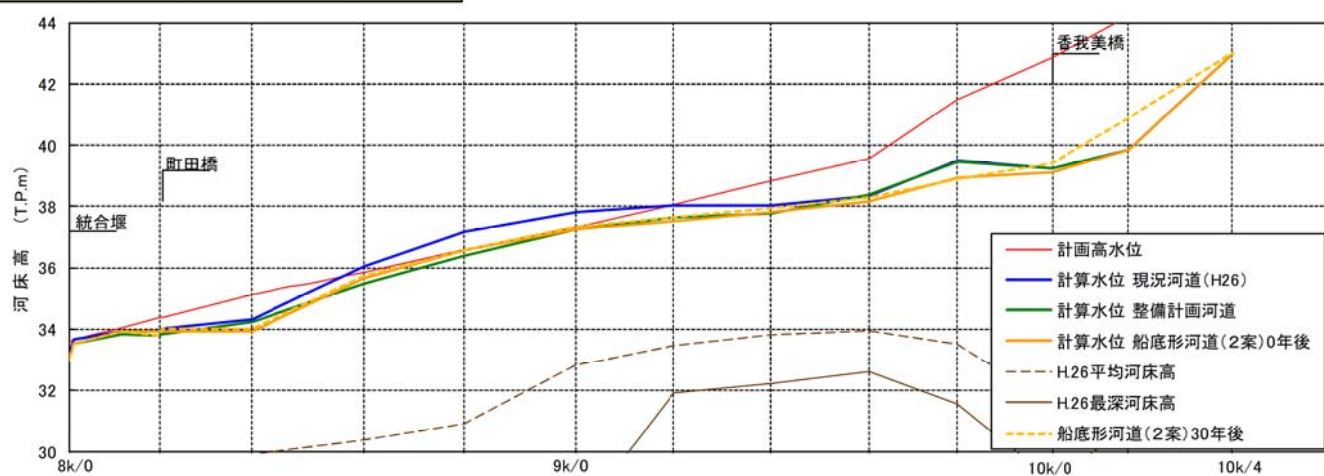


図 水位縦断面図 整備計画目標流量流下時 ($Q=4, 200\text{m}^3/\text{s}$)

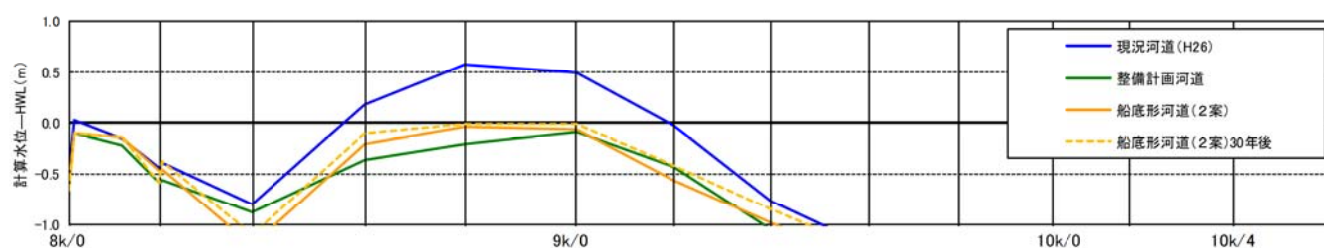


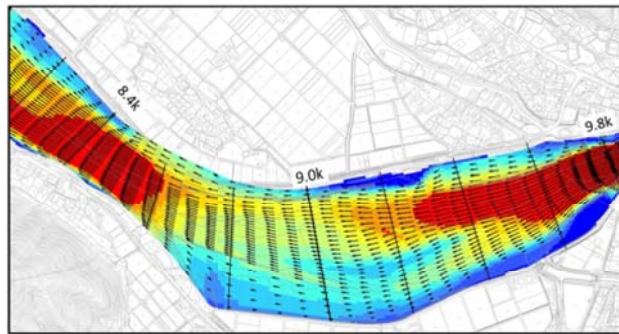
図 水位差縦断面図（計算水位-HWL） 整備計画目標流量流下時 ($Q=4, 200\text{m}^3/\text{s}$)

(2) 堤防への影響

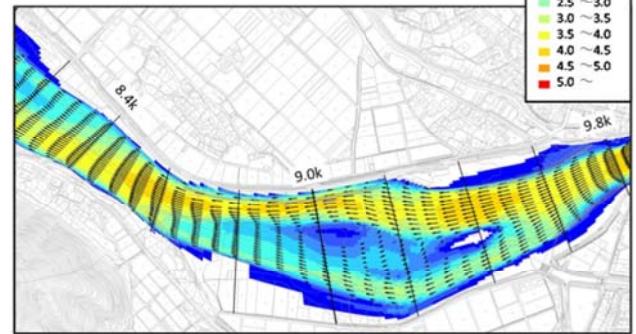
船底形河道とすることで、整備計画目標流量、平均年最大流量流下時とも9.0k付近右岸の流速が現況河道（平成26年河道）より遅くなっており、局所洗掘は緩和される。

計算手法は平面二次元流況解析を用いた。

堤防への影響

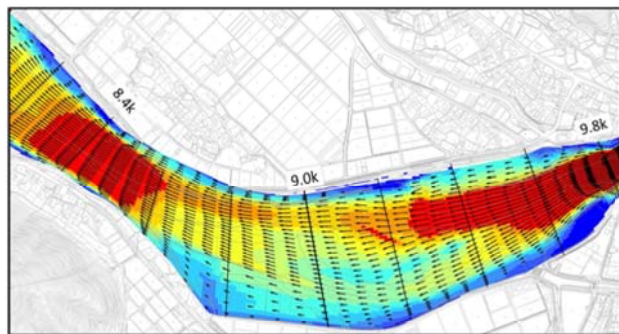


整備計画目標流量（深淵地点4, 200m³/s）

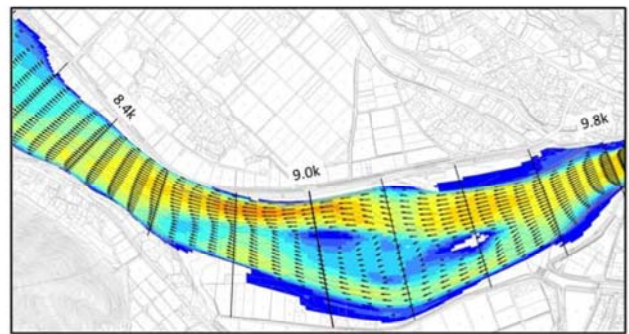


平均年最大流量（深淵地点1, 565m³/s）

現況河道（平成26年河道）

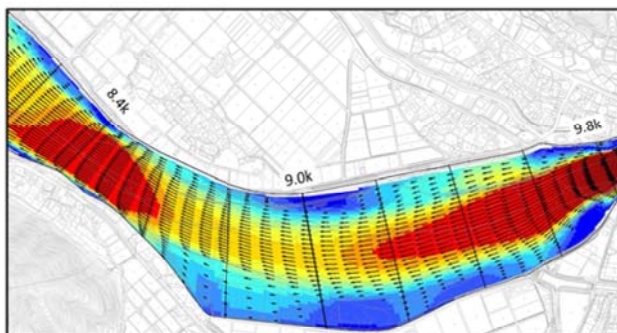


整備計画目標流量（深淵地点4, 200m³/s）

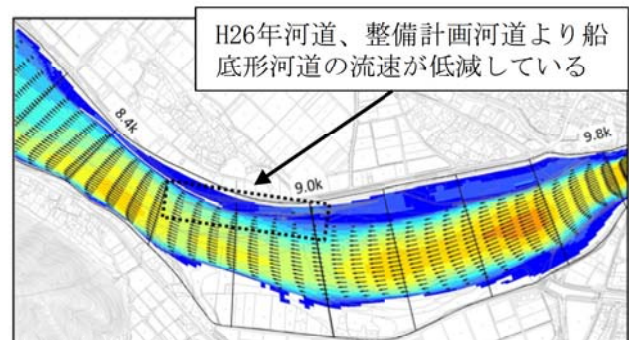


平均年最大流量（深淵地点1, 565m³/s）

整備計画河道



整備計画目標流量（深淵地点4, 200m³/s）



平均年最大流量（深淵地点1, 565m³/s）

船底形河道

図 流速分布図

(3) 河床の安定性

福岡の式による河床の安定性を評価した。

現状で土砂が堆積している8.8k～9.4kは船底形河道にすることで、平均年最大流量を上回る2000m³/sまでは（船底形河道の整備区間内の水深）無次元水深と無次元川幅が福岡の式と概ね流量規模に応じて増加し平行となっているため河道が安定していると評価できる。

川幅、水深は準二次元不等流計算より算定した。

対象とした流量規模は計画高水流量4,900m³/sを上限として6ケース設定した。

ケース1： 500m³/s ケース2：1,000m³/s ケース3：2,000m³/s ケース4：3,000m³/s

ケース5：4,000m³/s ケース6：4,900m³/s

河床の安定性

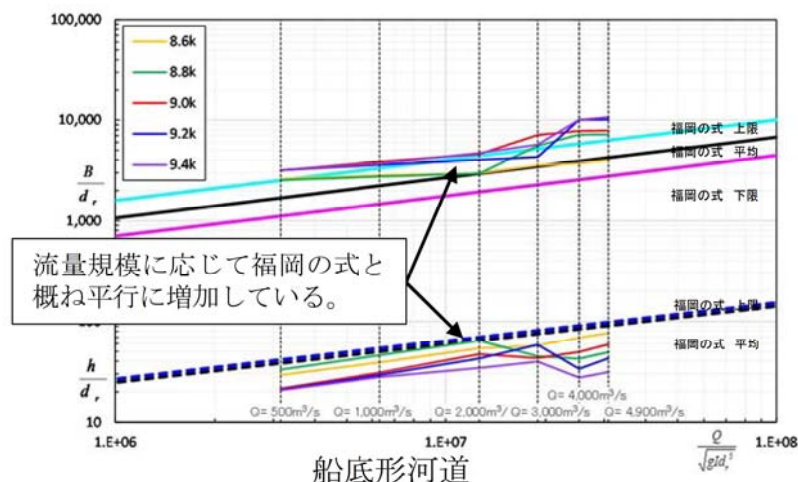
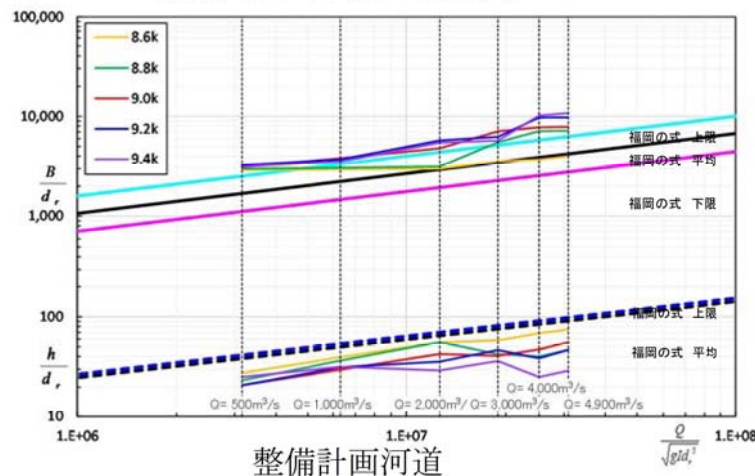
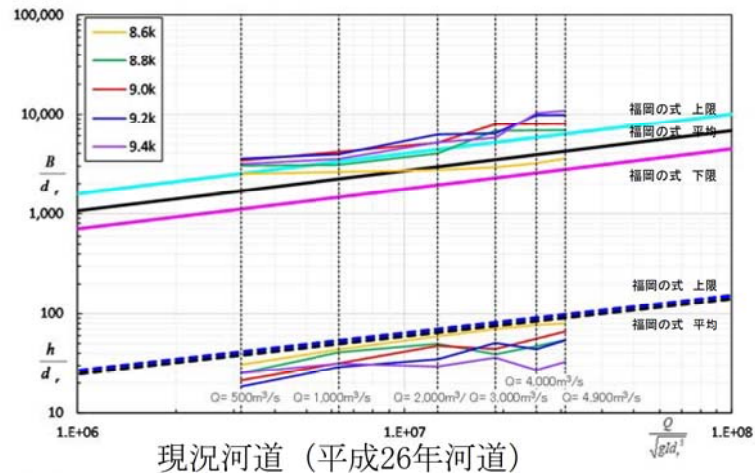
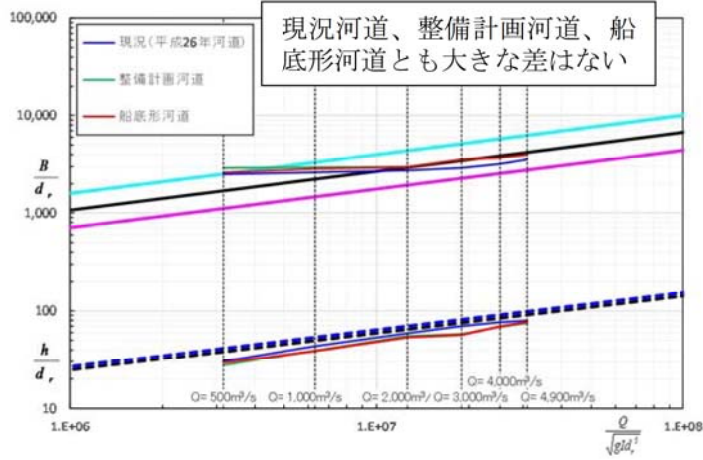
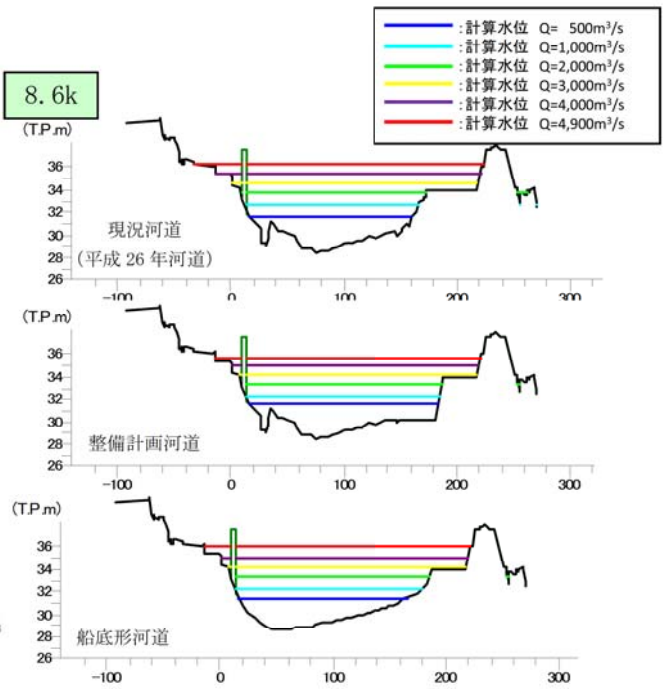


図 福岡の式による河床の安定性評価

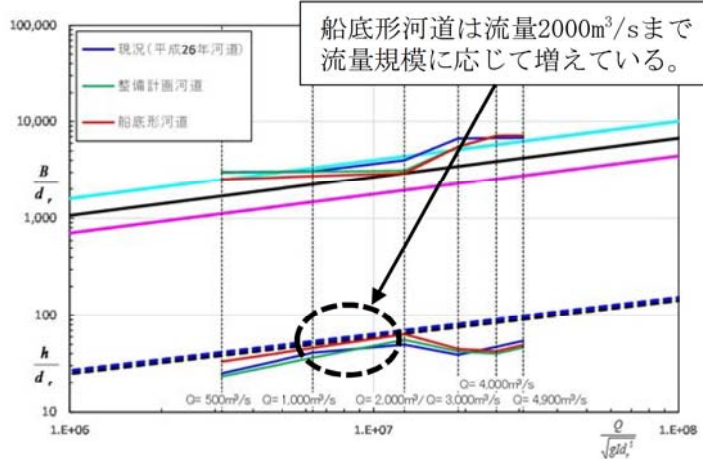
8. 6k



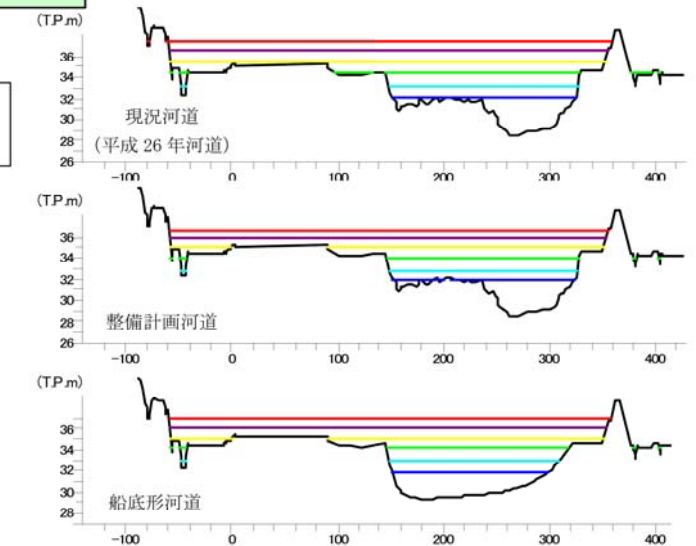
8. 6k



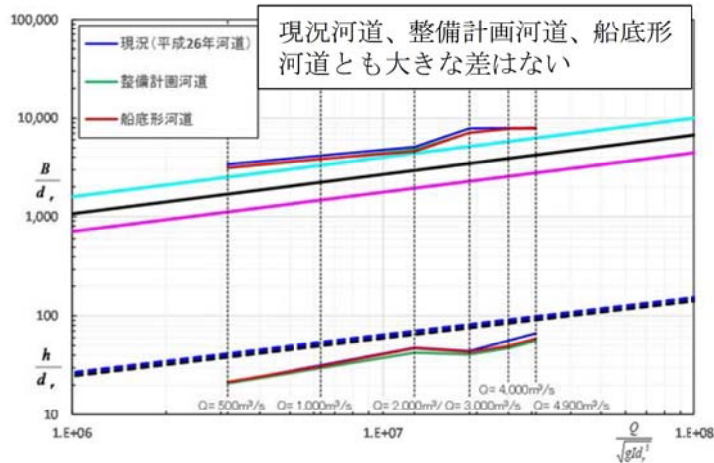
8. 8k



8. 8k



9. 0k



9. 0k

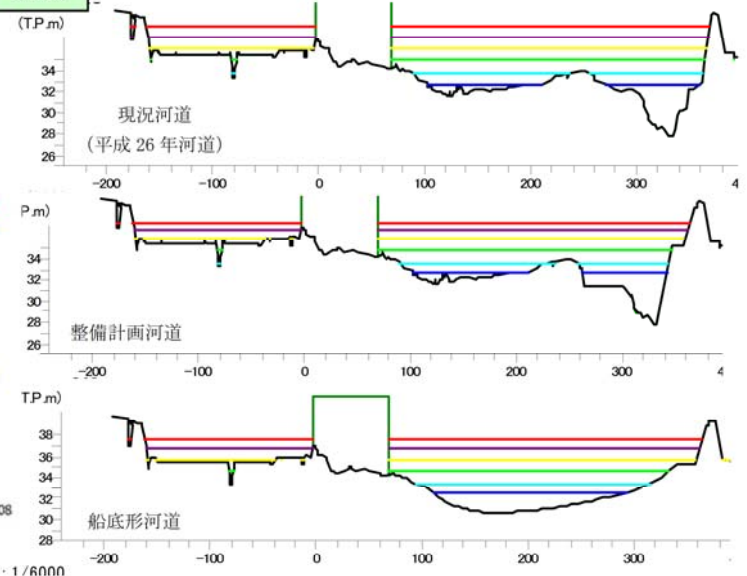
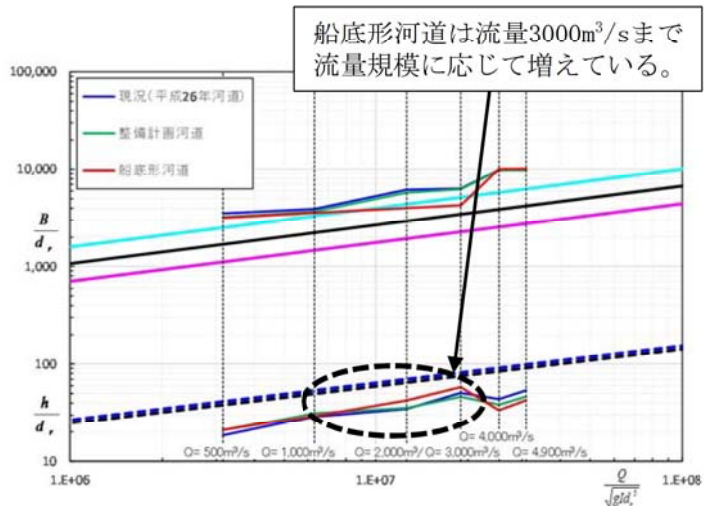
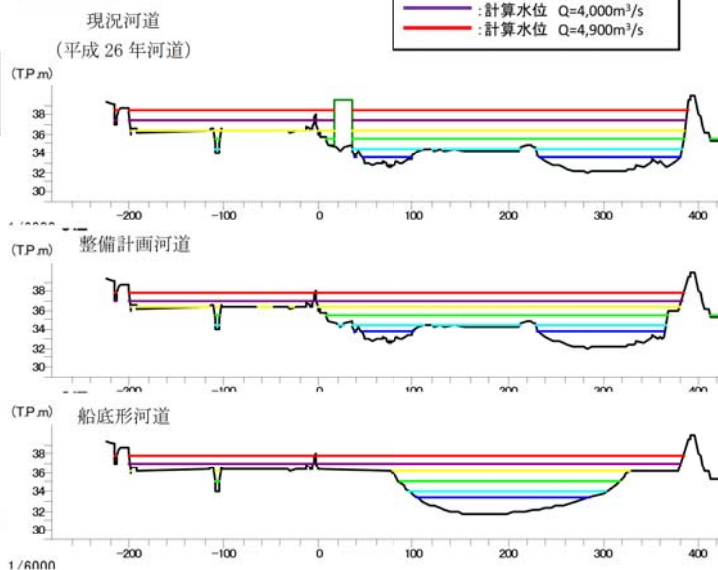


図 福岡の式による河床の安定性評価 (断面毎)

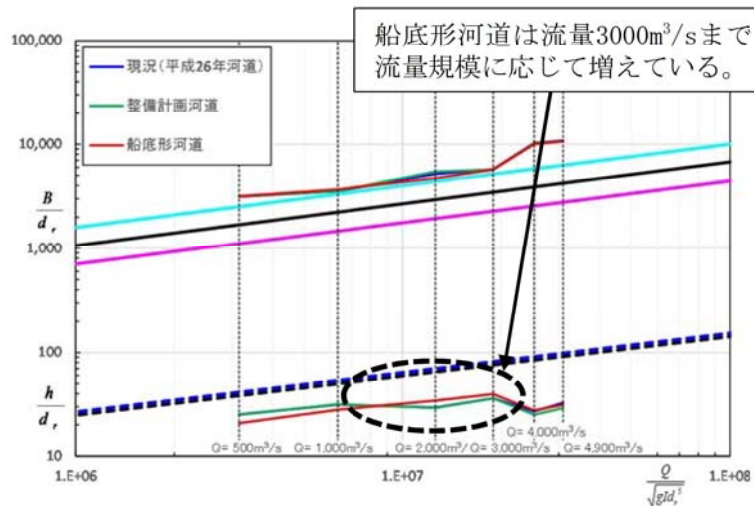
9.2k



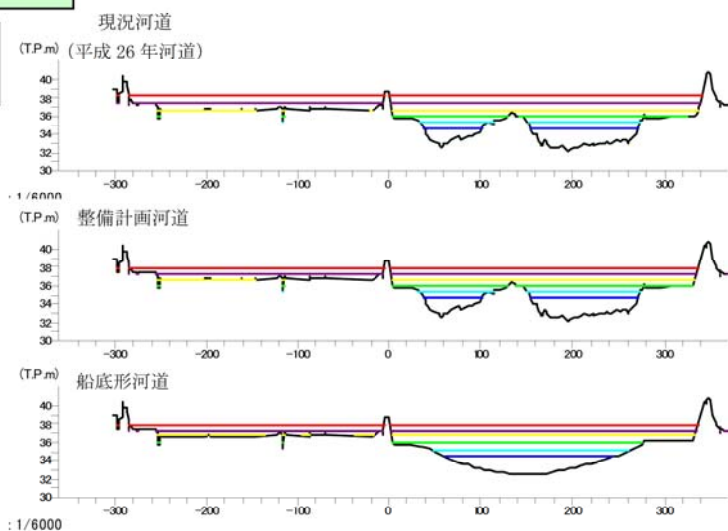
9.2k



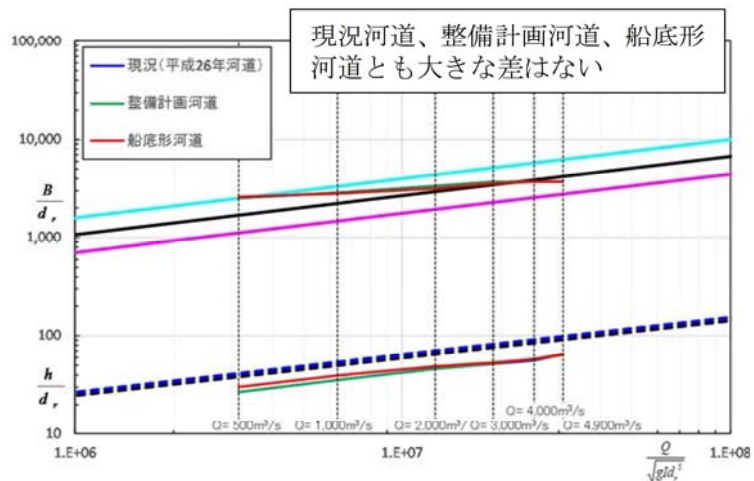
9.4k



9.4k



9.6k



9.6k

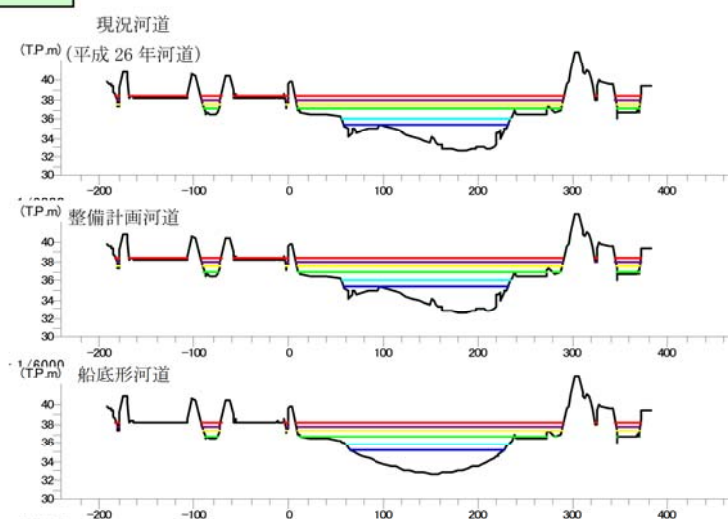


図 福岡の式による河床の安定性評価 (断面毎)

(4) 水際部の影響

船底形河道とすることで、無次元掃流力が無次元限界掃流力(0.05)より大きい領域(河床が動く)が広がるため、樹木の種子が流れやすくなるため水際部に生えにくくなると思われる。計算手法は平面二次元流況解析を用いた。

対象とした流量は昭和36年から平成26年の年最大流量の最少流量($426\text{m}^3/\text{s}$:昭和56年)、平均年最大流量($1,565\text{m}^3/\text{s}$)とした。年最大流量の最少流量は、1年に最低1回発生する流量規模の最大値である。

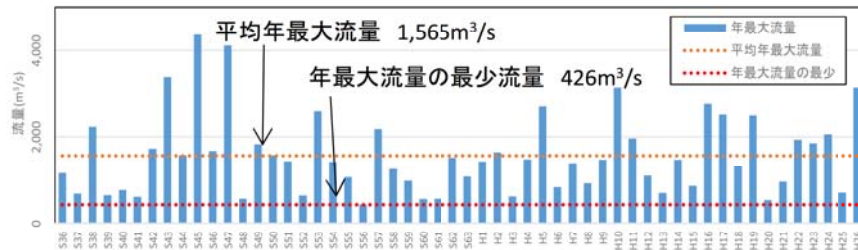
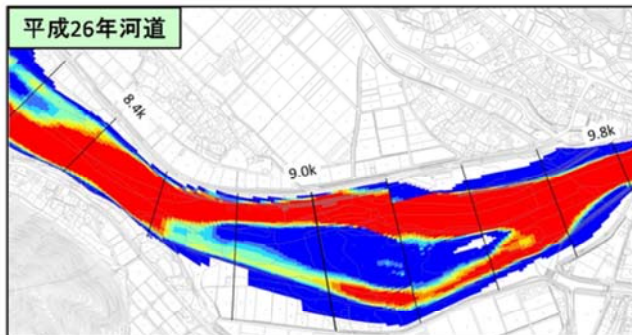
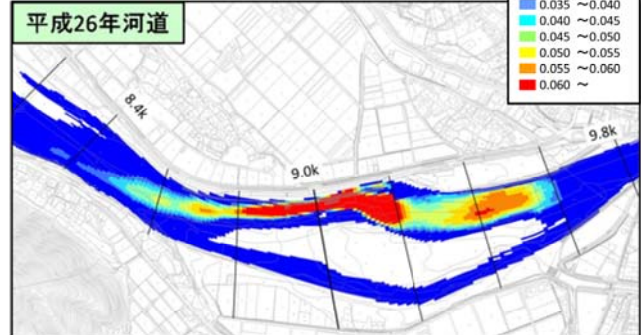


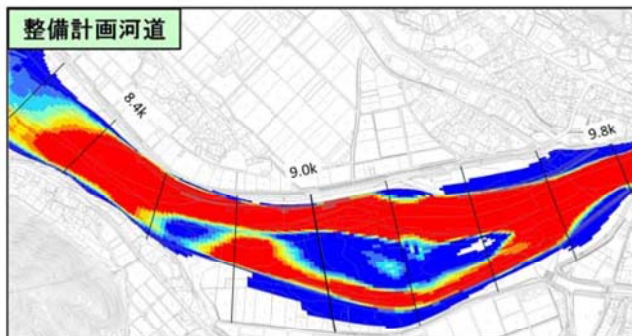
図 年最大流量 (昭和36年～平成26年)



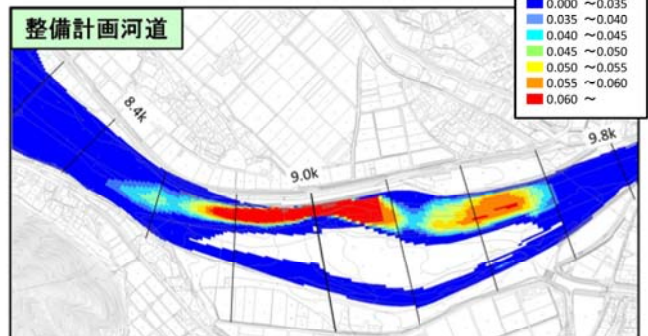
平均年最大流量流下時 $Q=1,565\text{m}^3/\text{s}$



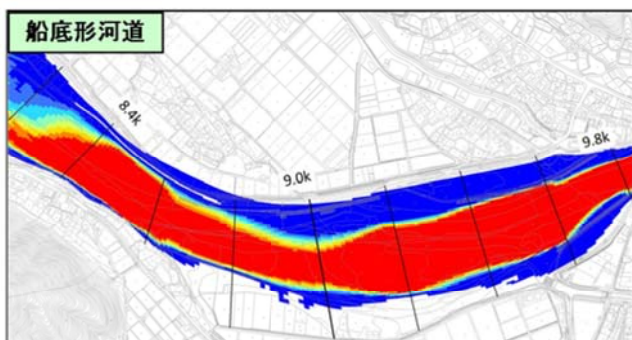
年最大流量の最少流量流下時 $Q=426\text{m}^3/\text{s}$



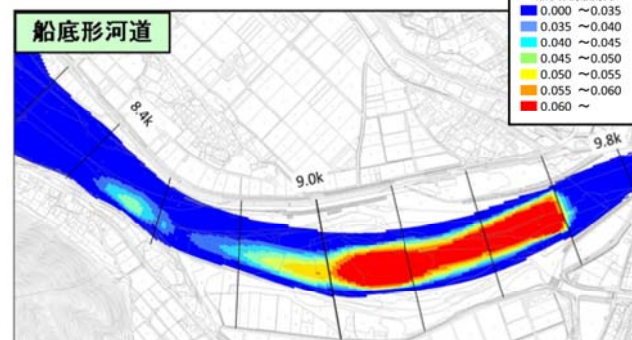
平均年最大流量流下時 $Q=1,565\text{m}^3/\text{s}$



年最大流量の最少流量流下時 $Q=426\text{m}^3/\text{s}$



平均年最大流量流下時 $Q=1,565\text{m}^3/\text{s}$



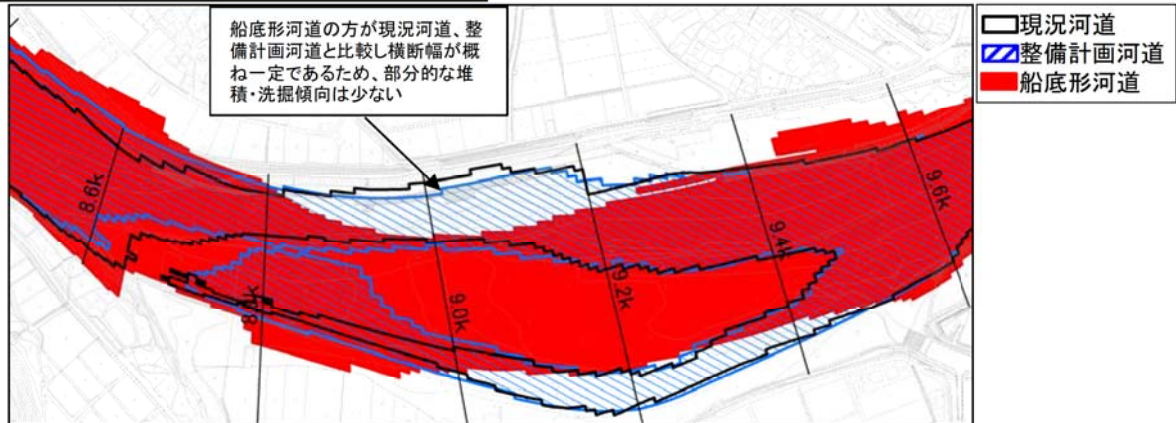
年最大流量の最少流量流下時 $Q=426\text{m}^3/\text{s}$

図 無次元掃流力 分布図

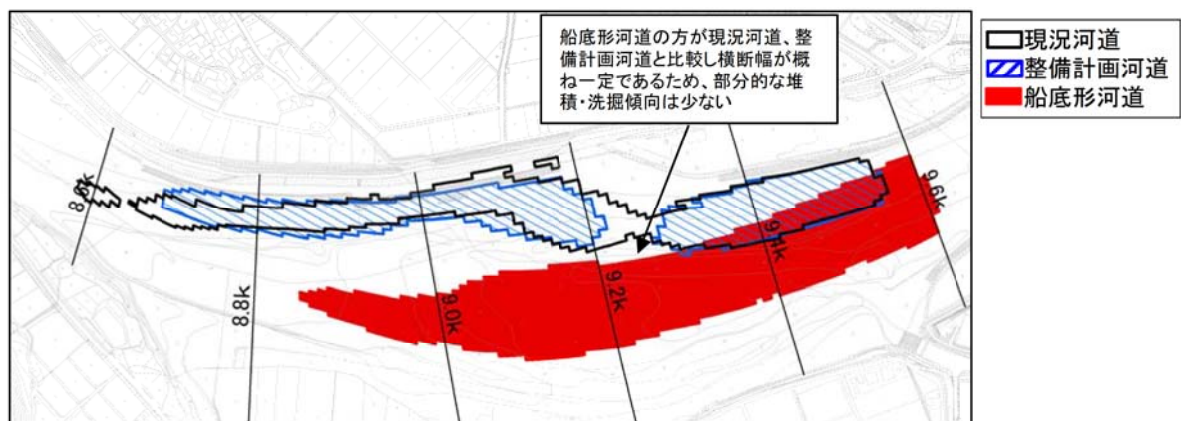
無次元掃流力の算出時の粒径は平成18年度調査の8.0k、9.0k、10.0kのd60の平均値(57.7mm)を用いた。

船底形河道は無次元掃流力の横断幅が概ね一定であるため、部分的な堆積・洗掘傾向は少ない。

無次元掃流力縦断図 0.05 以上となる幅
(無次元掃流力のイメージ)



平均年最大流量流下時 $Q=1,565\text{m}^3/\text{s}$

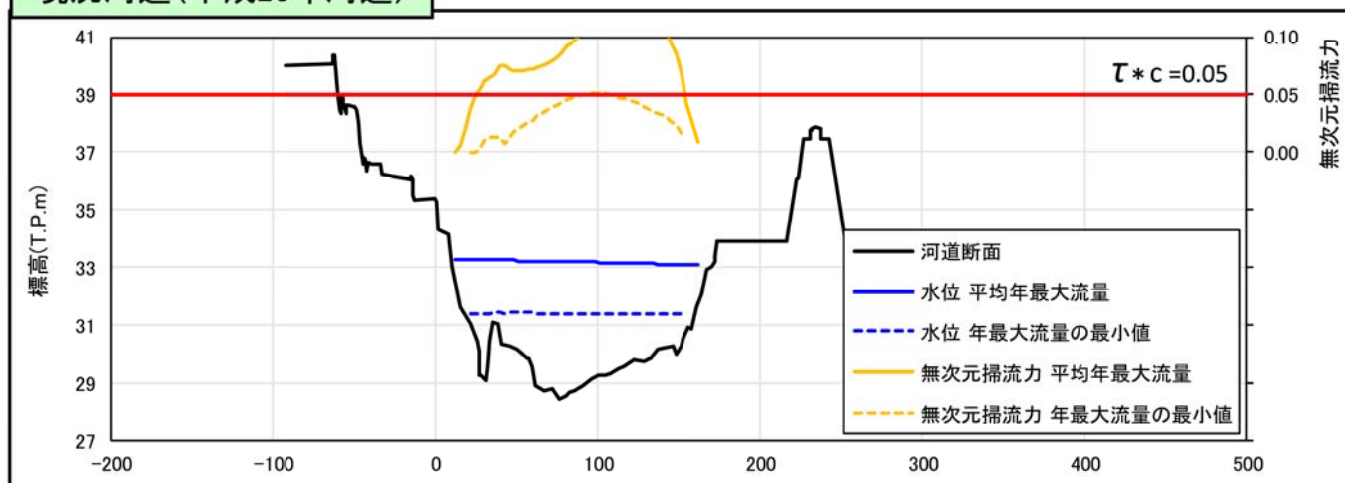


年最大流量の最少流量流下時 $Q=426\text{m}^3/\text{s}$

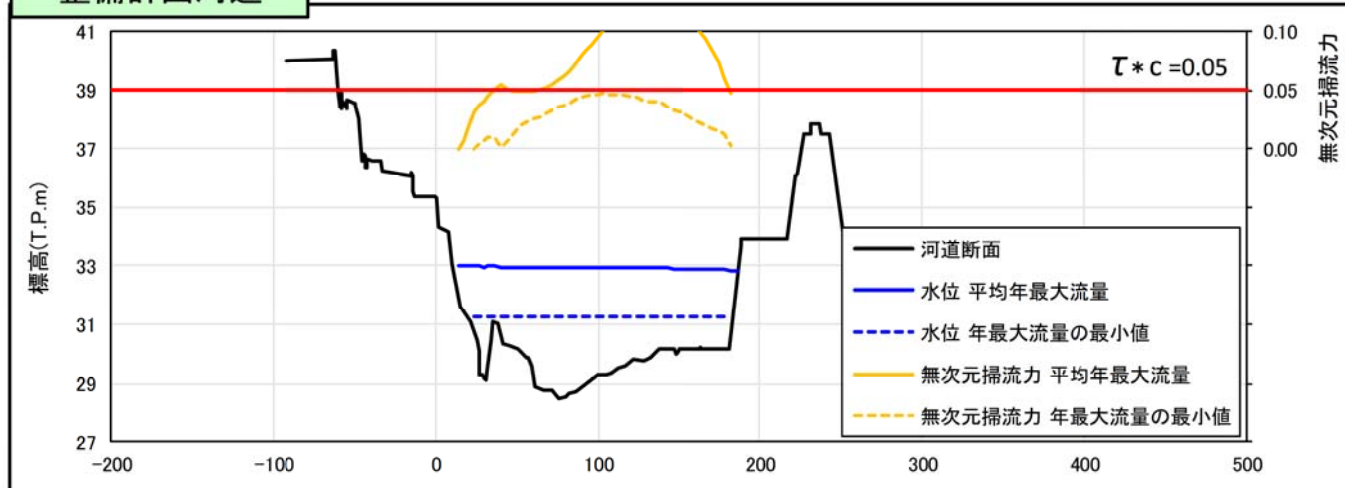
図 無次元掃流力 0.05 以上となる幅の縦断図

横断図 (無次元掃流力のイメージ)

現況河道(平成26年河道)



整備計画河道



船底形河道(2案)

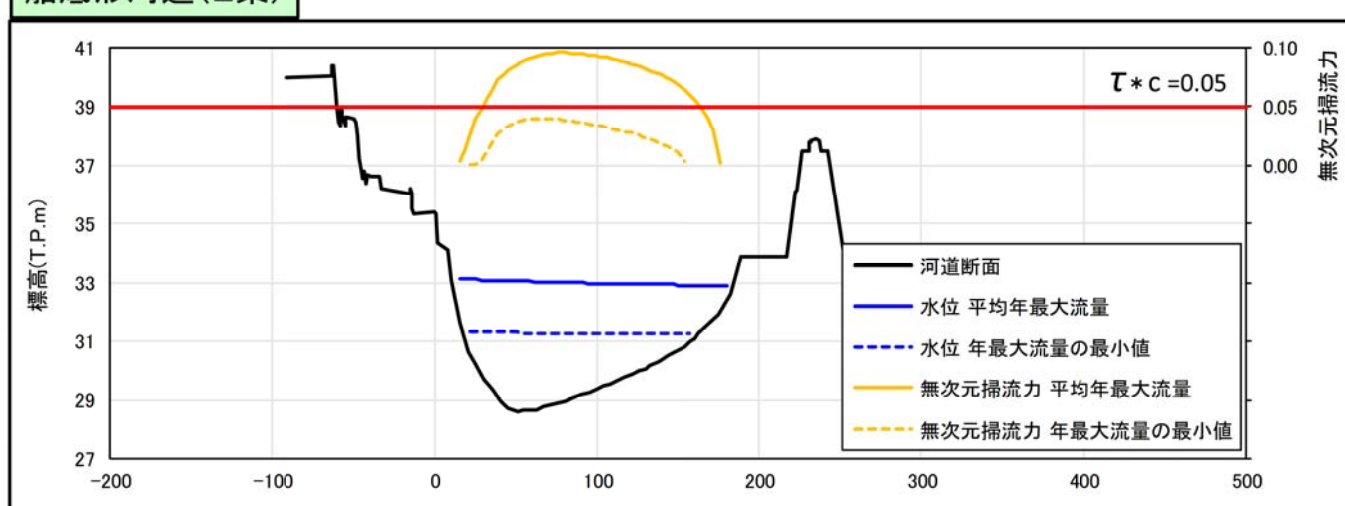
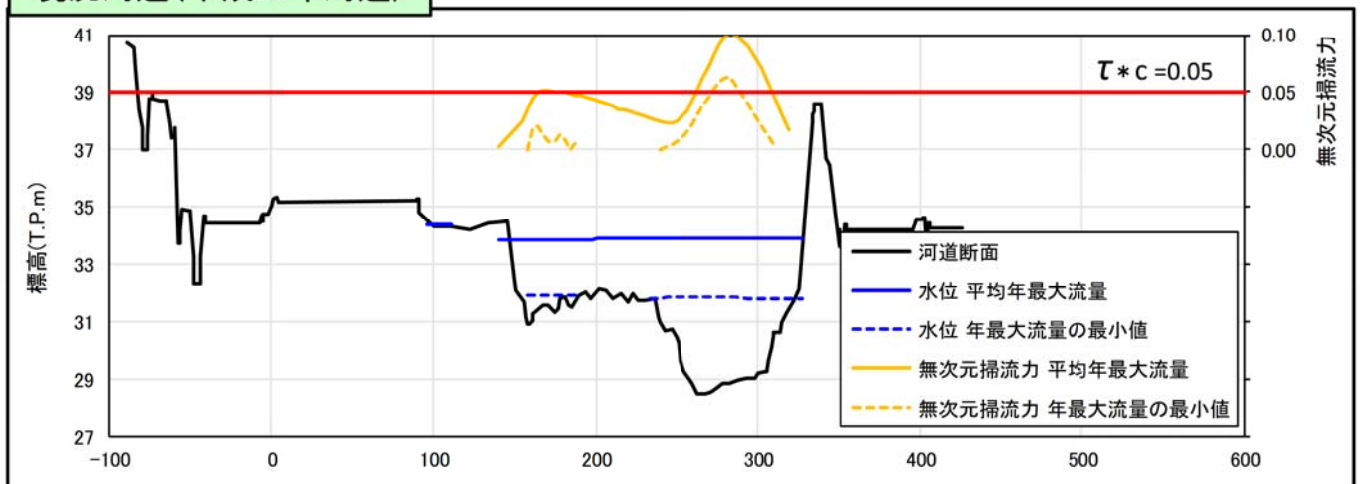


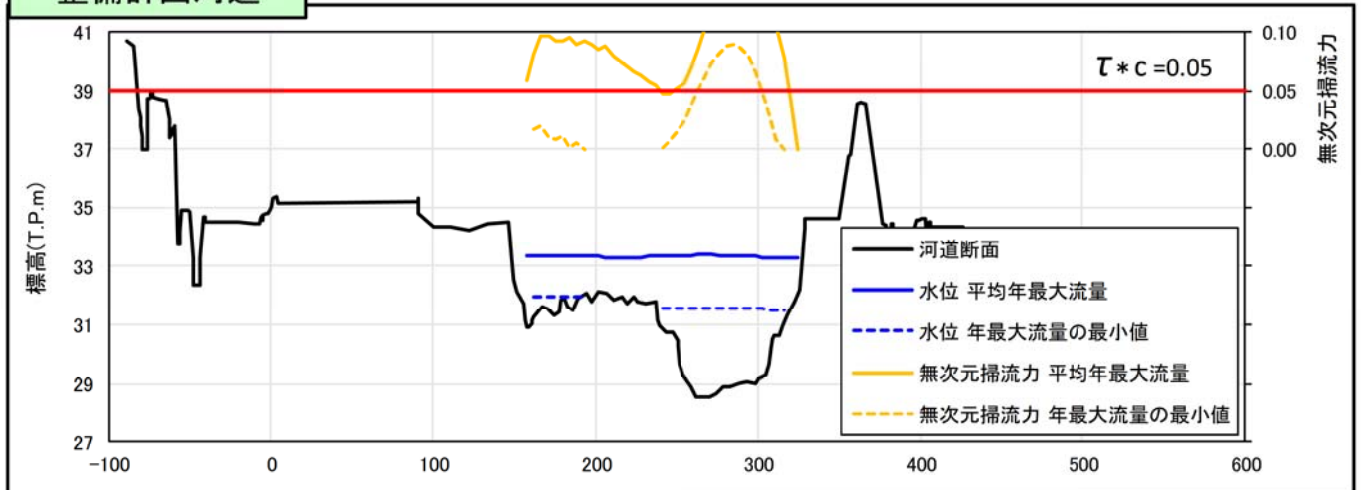
図 横断図 (8.6k) 無次元掃流力

横断図 (無次元掃流力のイメージ)

現況河道(平成26年河道)



整備計画河道



船底形河道(2案)

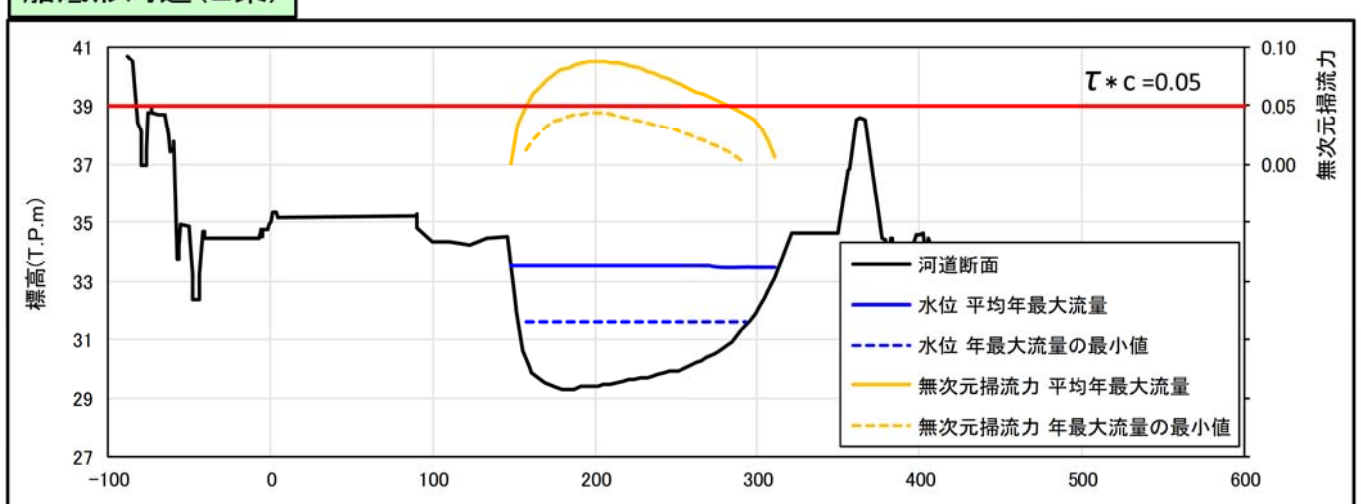
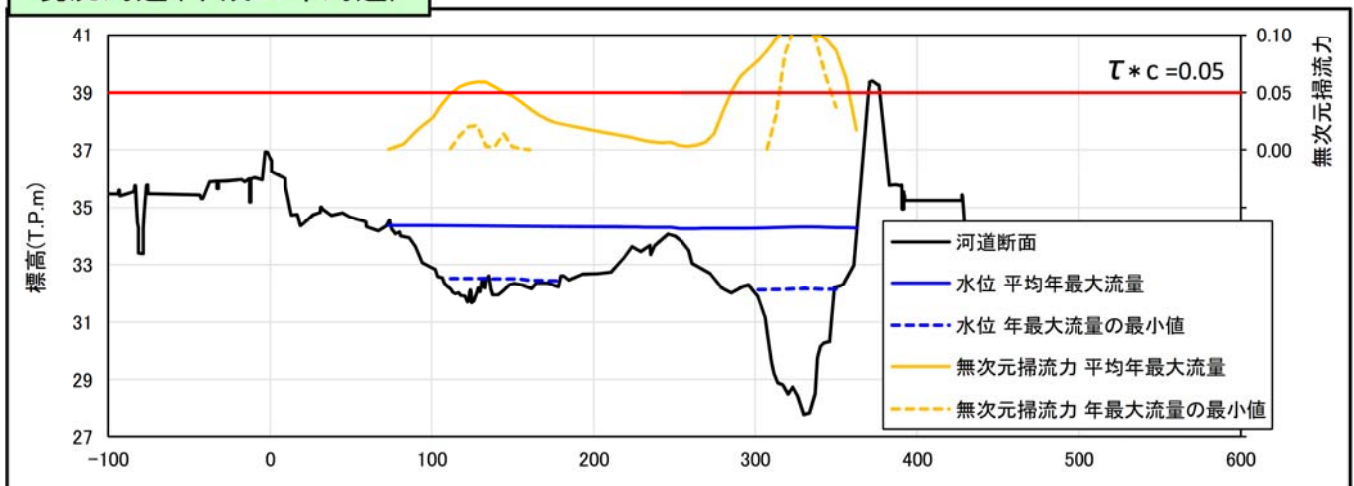


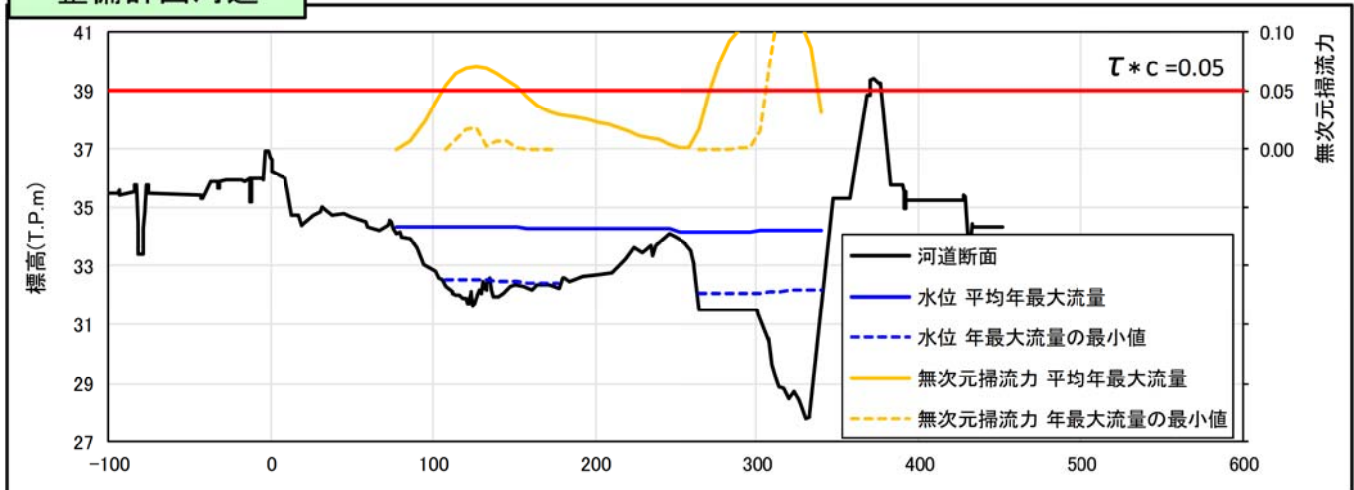
図 横断図 (8.8k) 無次元掃流力

横断図 (無次元掃流力のイメージ)

現況河道(平成26年河道)



整備計画河道



船底形河道(2案)

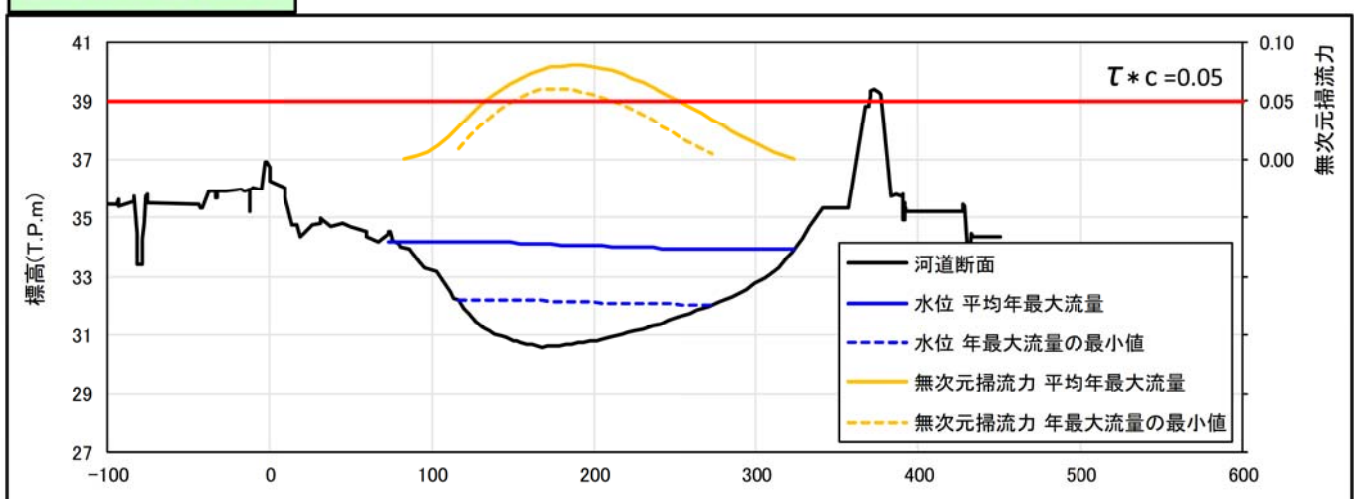
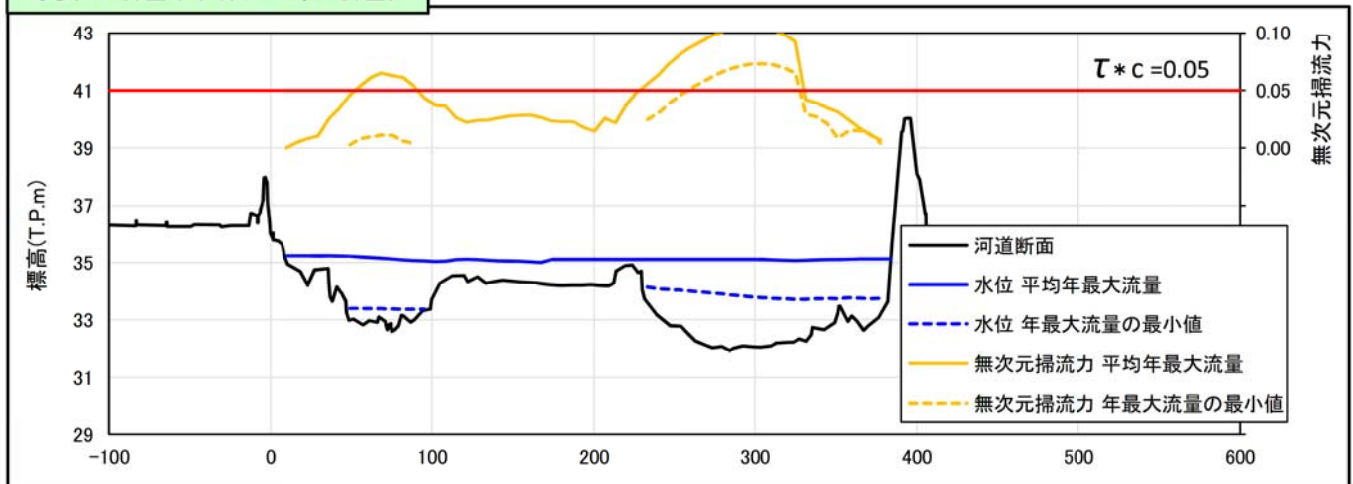


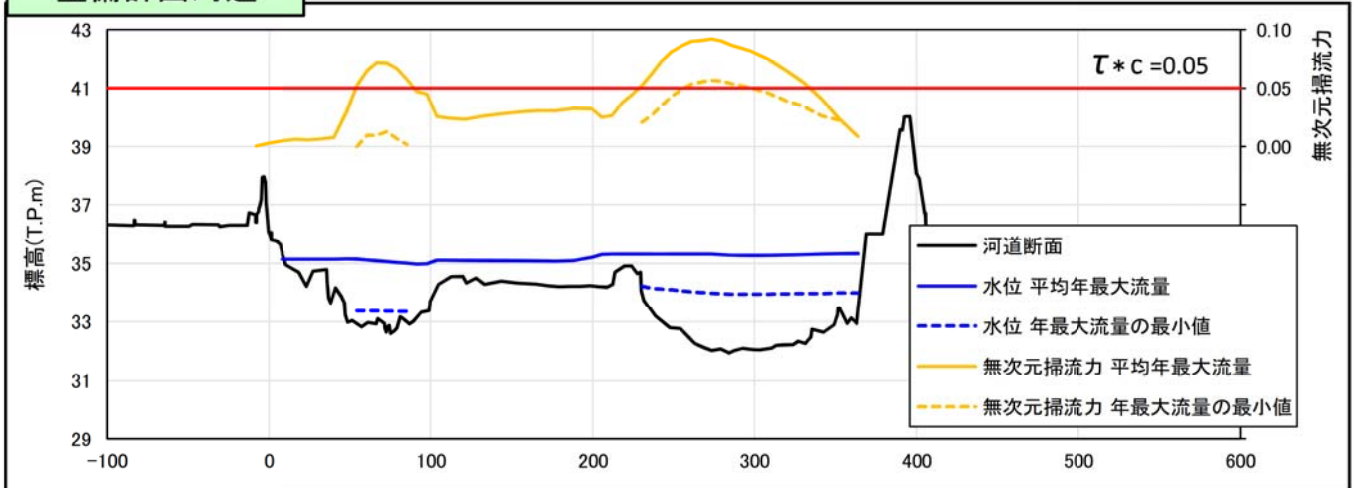
図 横断図 (9.0k) 無次元掃流力

横断図 (無次元掃流力のイメージ)

現況河道(平成26年河道)



整備計画河道



船底形河道(2案)

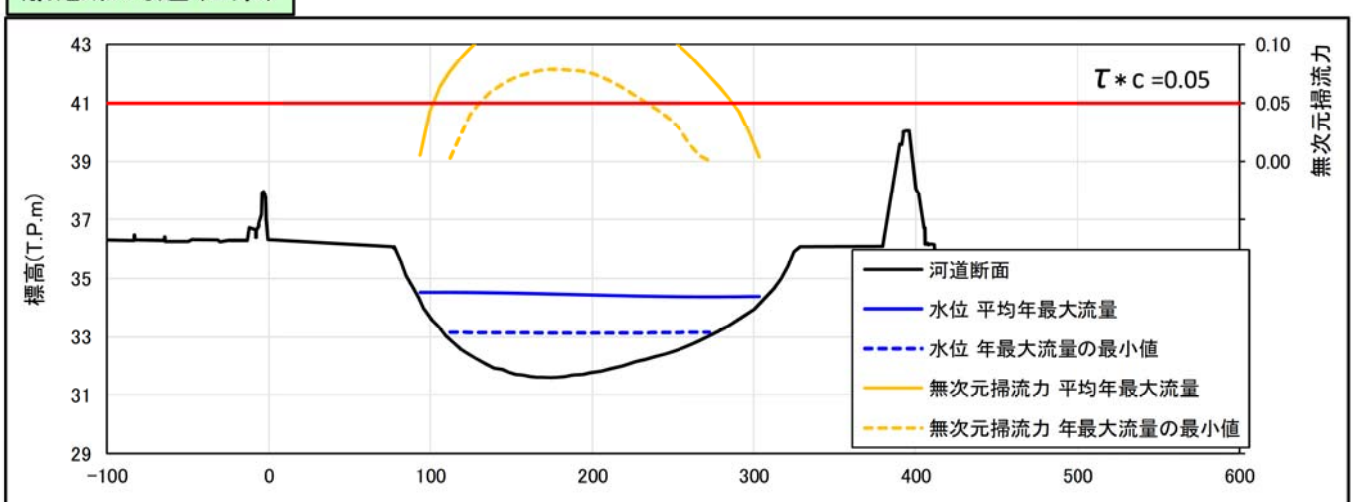
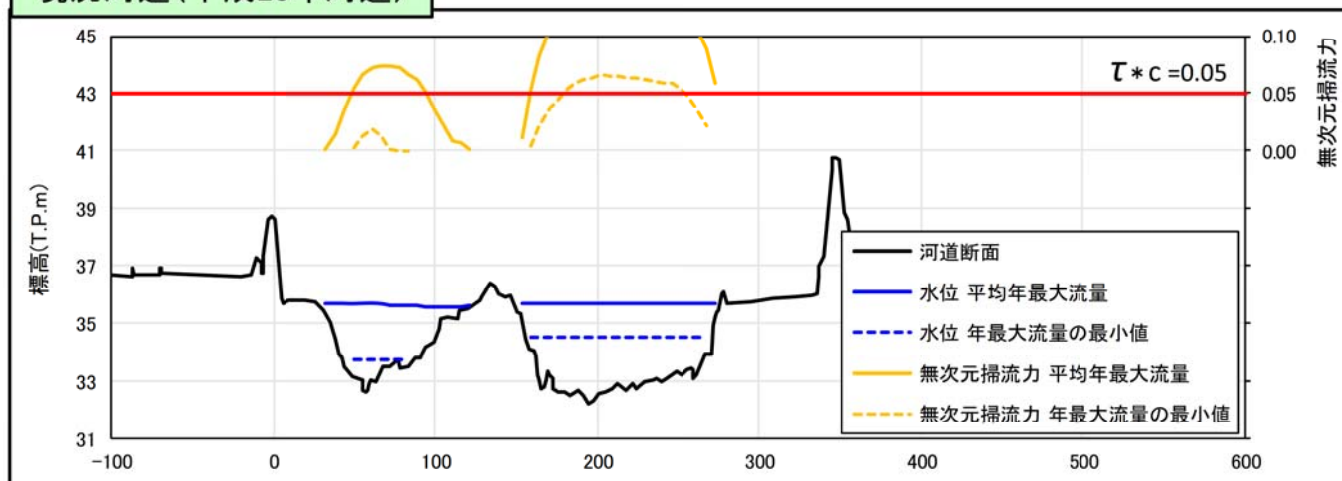


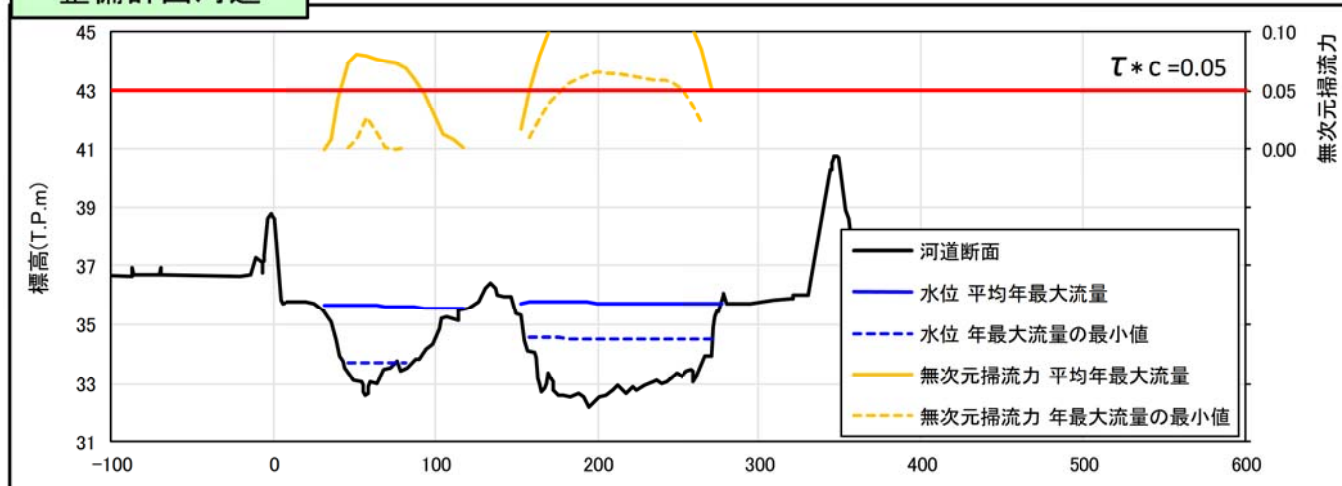
図 横断図 (9.2k) 無次元掃流力

横断図 (無次元掃流力のイメージ)

現況河道(平成26年河道)



整備計画河道



船底形河道(2案)

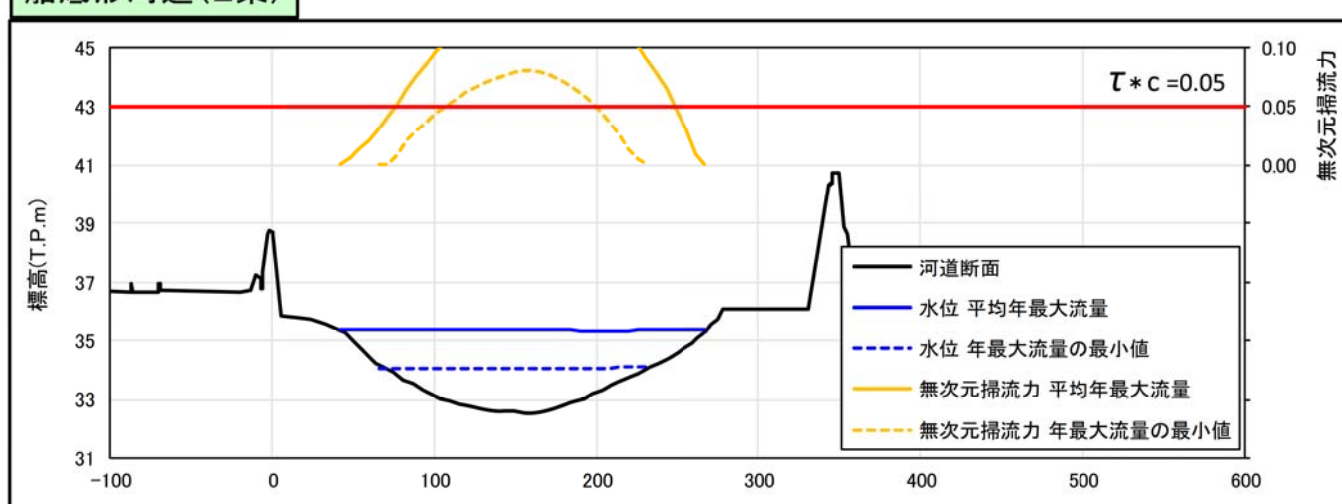
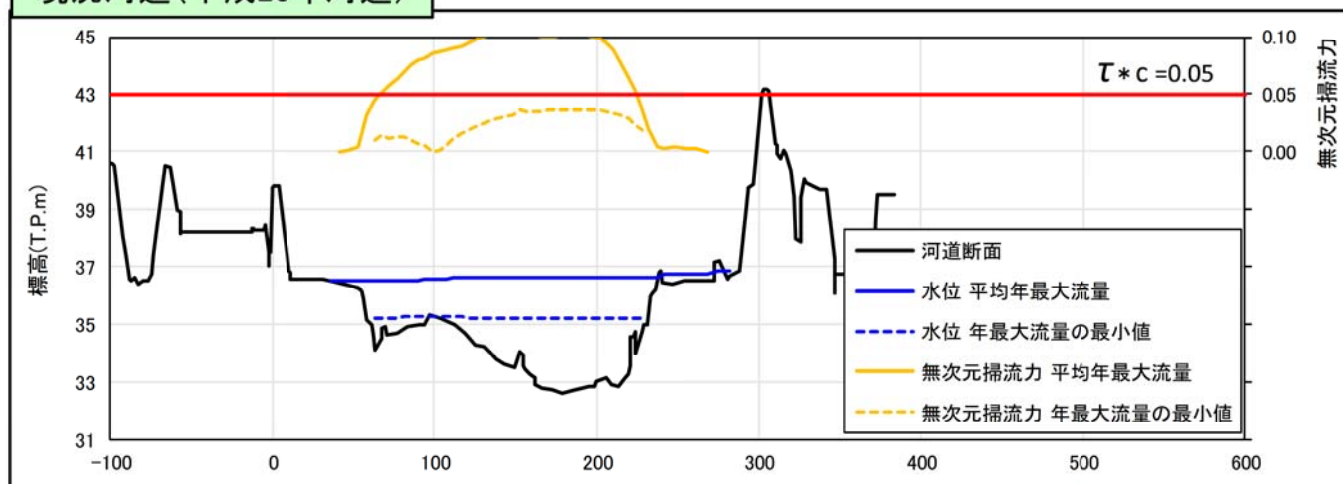


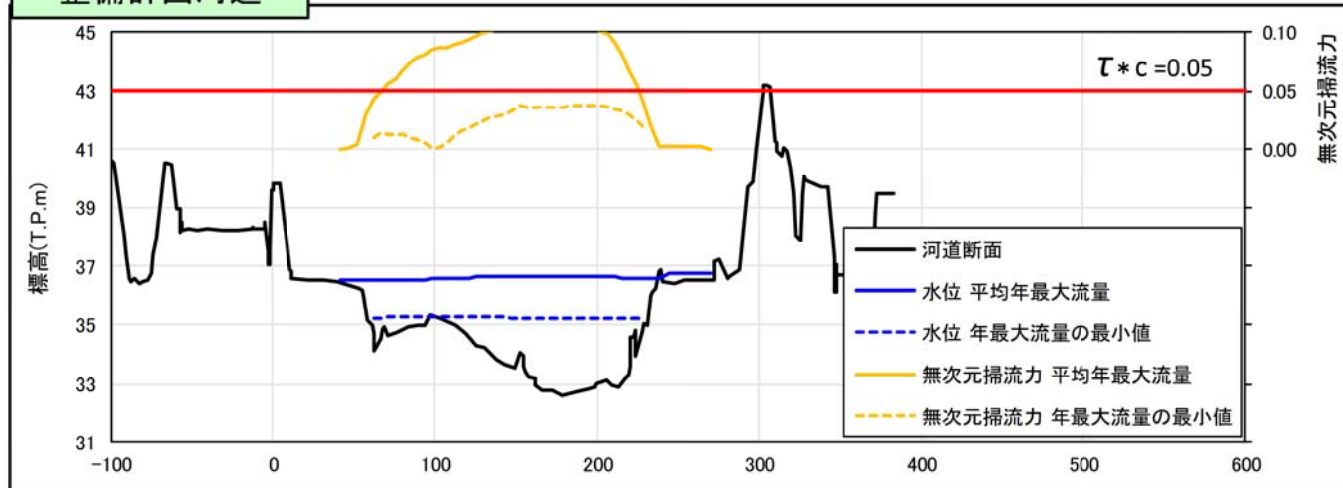
図 横断図 (9.4k) 無次元掃流力

横断図 (無次元掃流力のイメージ)

現況河道(平成26年河道)



整備計画河道



船底形河道(2案)

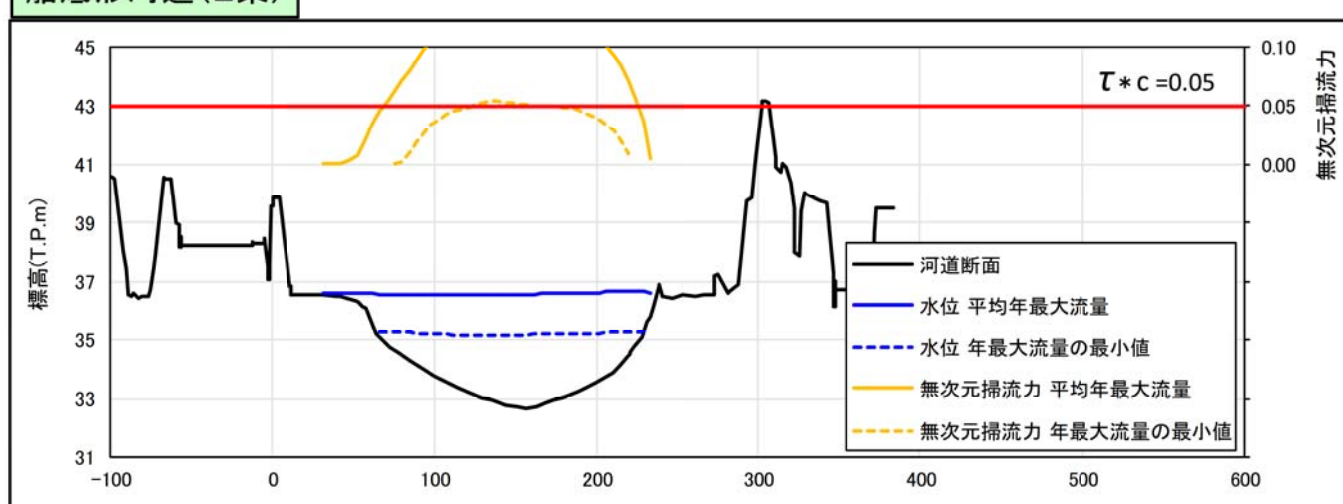


図 横断図 (9.6k) 無次元掃流力

(5) 平面二次元河床変動解析による河床変動

船底形河道（2案）の将来の堆積・洗掘傾向を把握するため、平面二次元河床変動解析を行った。なお、船底形河道の区間は湾曲部であるため、横断方向の流れが表現できる平面二次元河床変動解析を用いた。

1) 10年後の河床変動（検討途上）

① 計算条件

平成18年1月～平成27年12月（10年間）を対象に平面二次元河床変動計算を実施し、河床の堆積・洗掘傾向を検証した。

以降に計算対象とした流量（深淵基準地点観測流量）を示す。

表 計算条件 概略（10年後の河床変動予測）

項 目	内 容
計算区間	物部川：8.0k～9.8k
初期河道	船底形河道（2案）（8.0k～9.8k）
メッシュ サイズ	縦断方向：約10m 横断方向：約2～10m（横断方向に60分割）
対象流況	平成18年1月～平成27年12月（10年間）
境界条件	上流端境界条件：9.8k地点に深淵地点の観測流量を与える 下流端境界条件：8.0k地点の通過流量とH-Q式を用いて換算した水位を与える 上流端供給土砂量：9.8k断面の平衡流砂量×0.8 感度分析を実施し最も実績の土砂変動量と整合が図れるため。
粗度係数	河道計画で設定している粗度係数を用いた 低水路：0.033 高水敷：0.022～0.037（高水敷の植生状況に応じて設定）
河床材料	平成18年度河床材料調査結果を基に粒径区分ごとに設定（最新の河床材料調査）（9.0kの調査結果を設定）

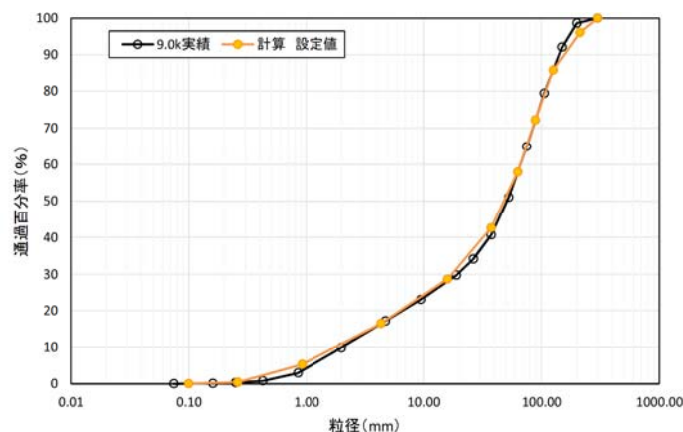


図 粒度分布 計算設定

計算対象期間の流量

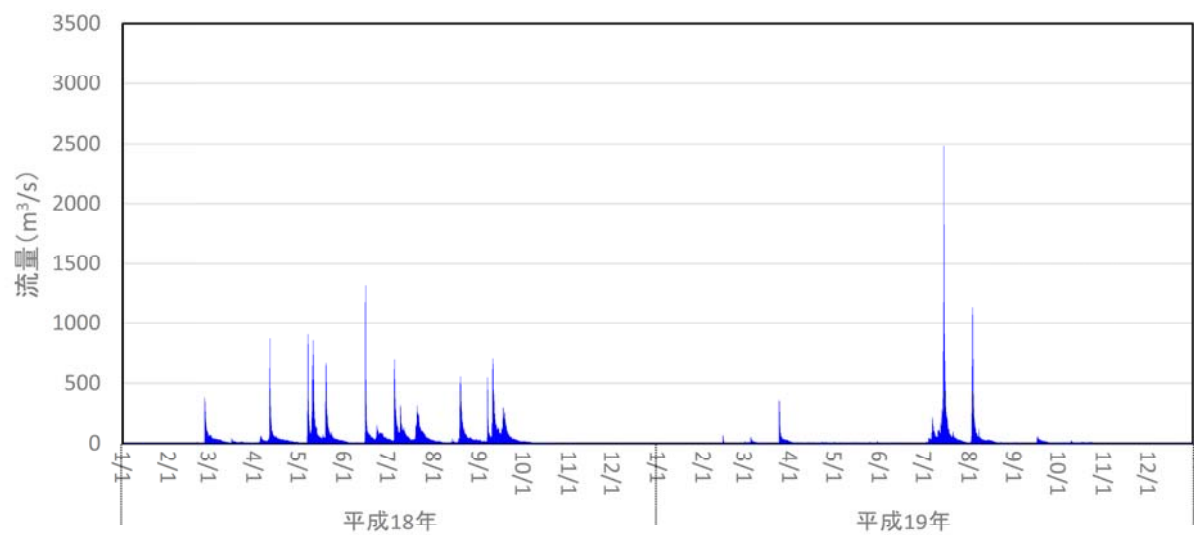


図-平成18年～平成19年の深淵地点観測流量

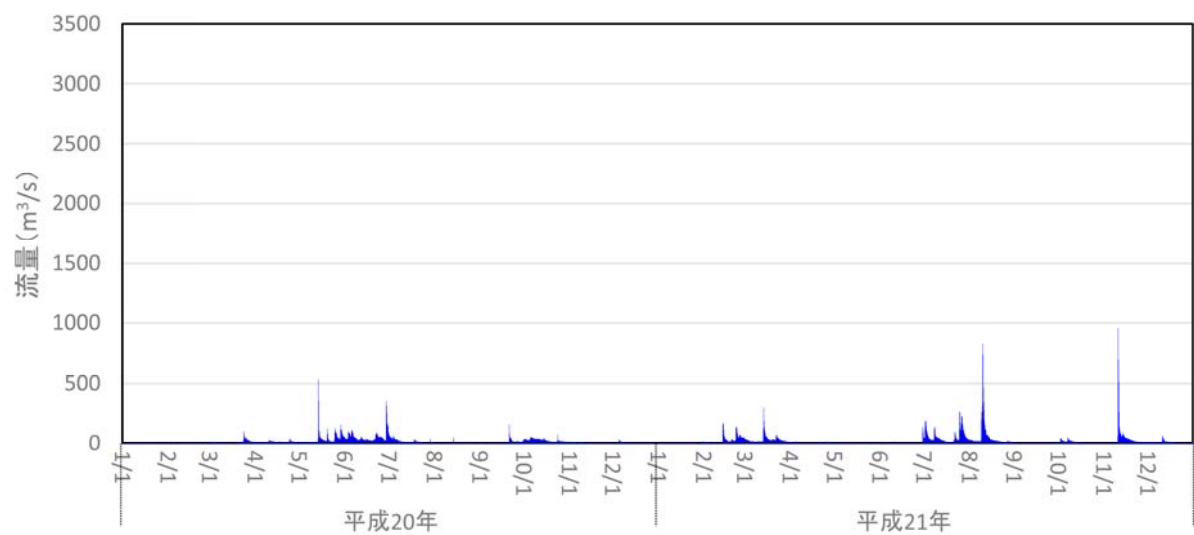


図-平成 20 年～平成 21 年の深淵地点観測流量

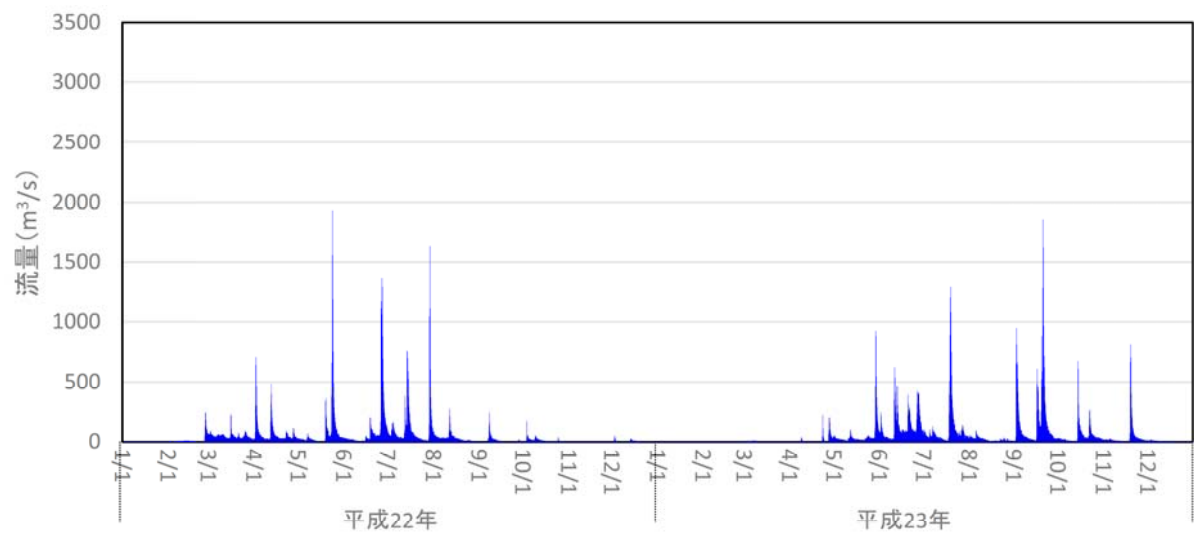


図-平成 22 年～平成 23 年の深淵地点観測流量

計算対象期間の流量

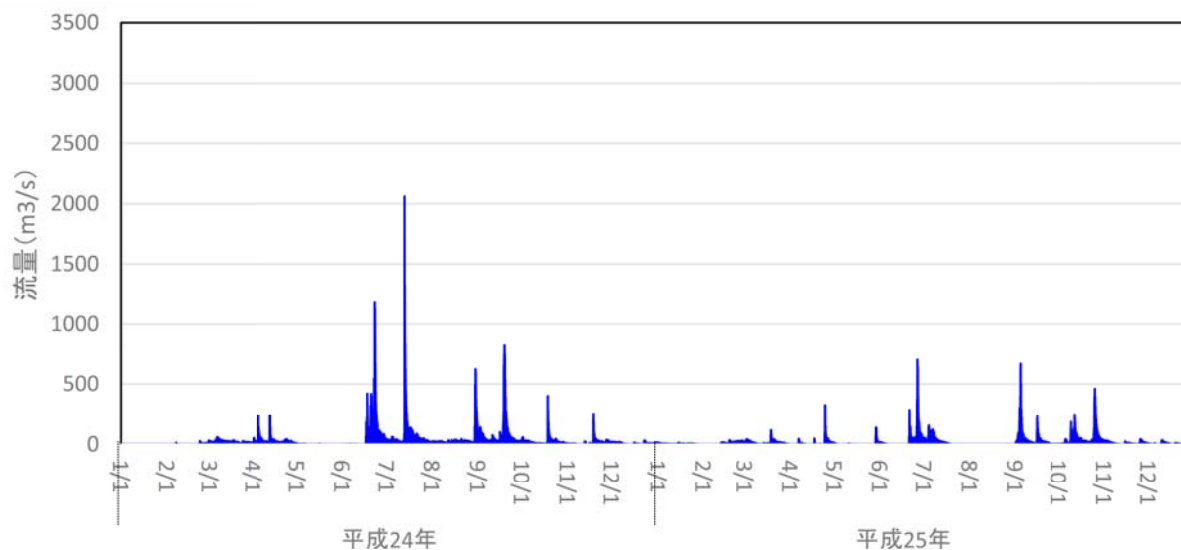


図-平成24年～平成25年の深淵地点観測流量

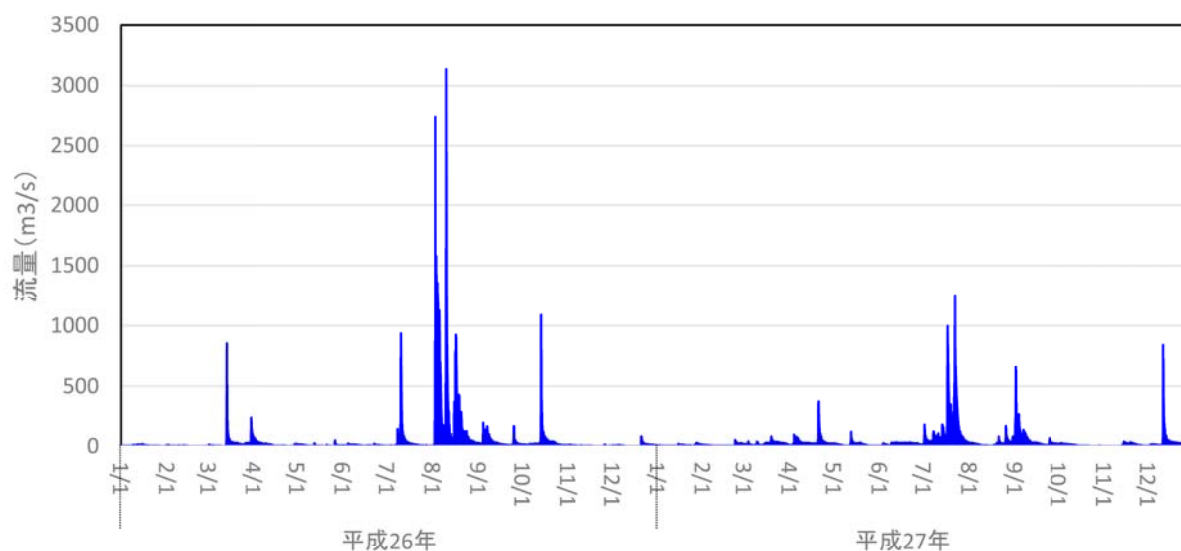
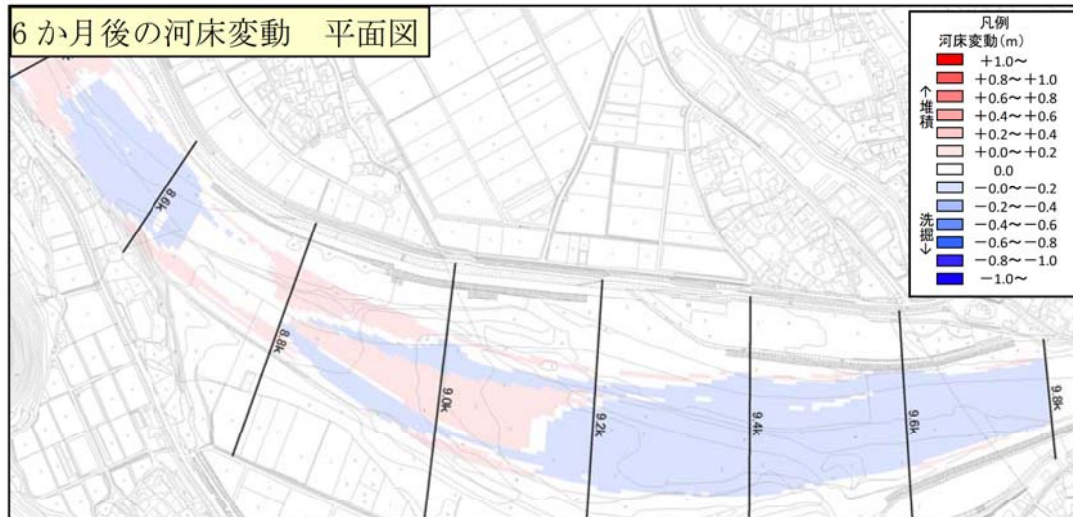
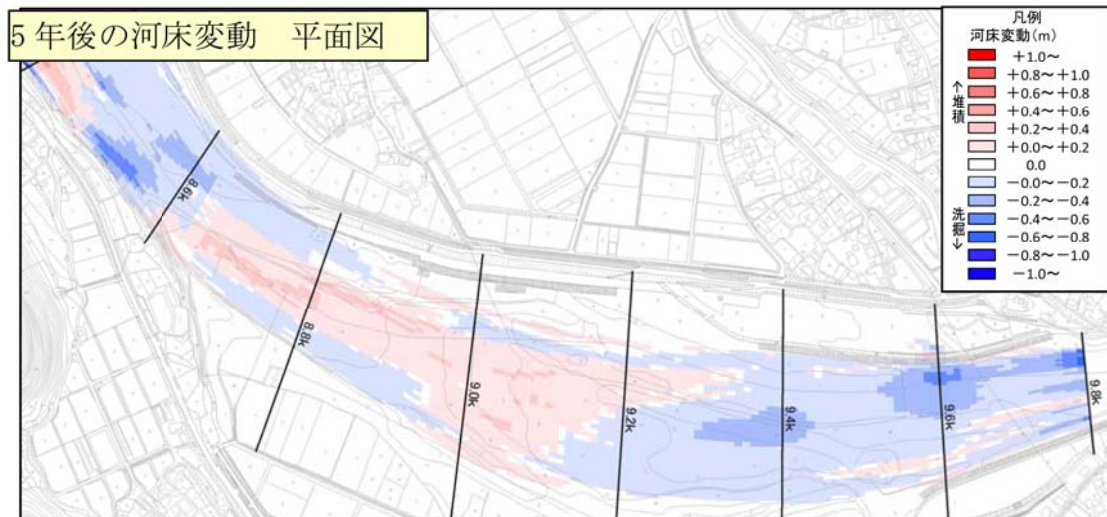


図-平成 26 年～平成 27 年の深淵地点観測流量

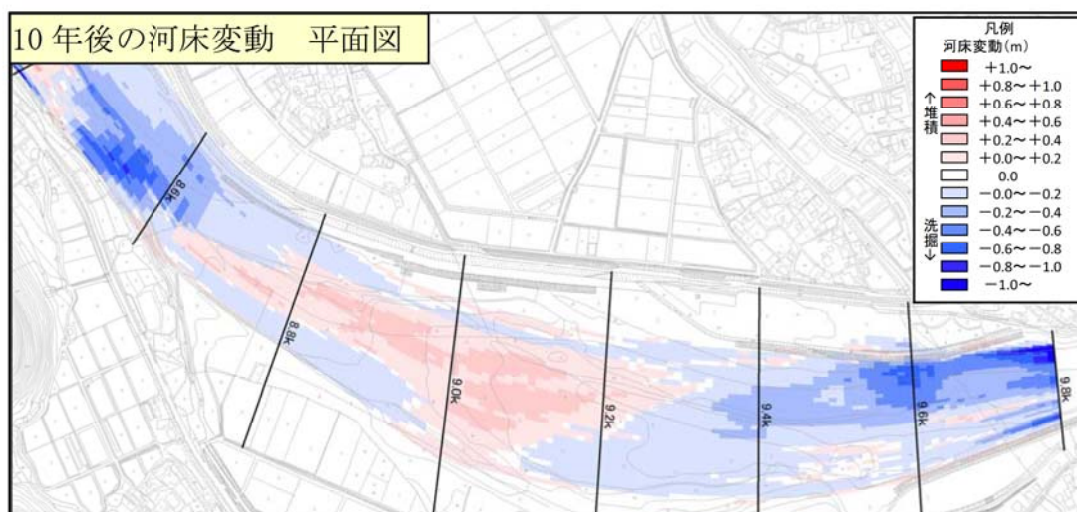
② 結果 (検討途上)



6か月後（平成18年6月31日）最大流量1,318 m^3/s



5年後（平成22年12月31日）最大流量2,483 m^3/s



10年後（平成27年12月31日）最大流量3,137 m^3/s

図-河床変動計算将来予測 河床変動高 平面図

(6) 下流の土砂動態への影響

船底形河道とすることによる、下流への土砂の堆積・洗掘量を準二次元河床変動計算により算定した。

統合堰（8.0k）より下流への堆積・洗掘量は現況河道、整備計画河道、船底形河道（2案）とも大きな差は少ないため、船底形河道（2案）とすることによる下流への影響は少ない。

土砂変動量 30年後（準二次元河床変動計算）

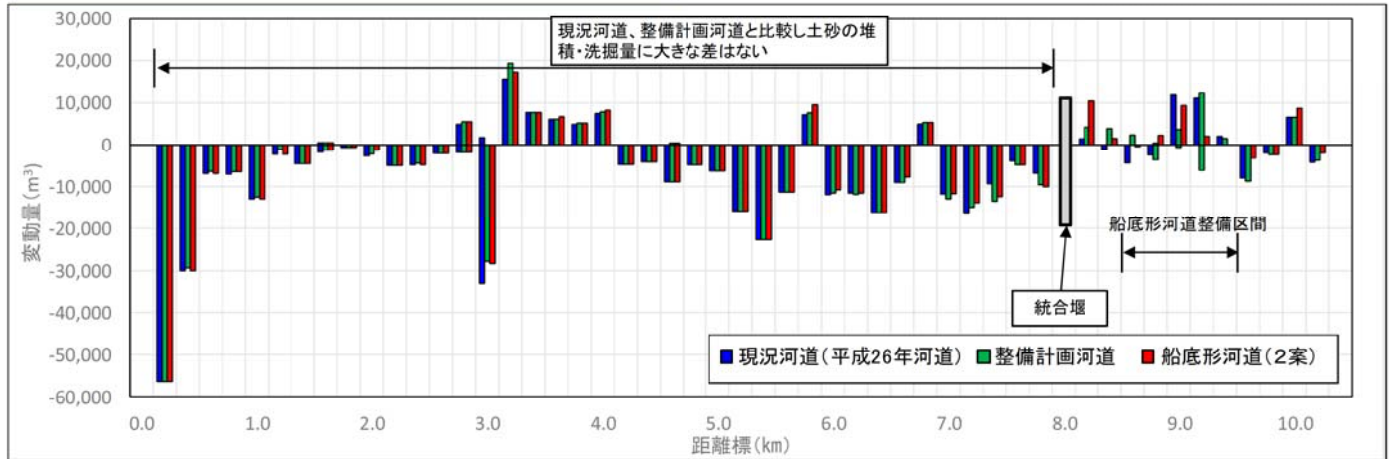


図 土砂変動量（30年後）

3.4.2 利水面

8.6k～9.6kの区間を船底形河道に整備することで、統合堰（8.0k）の上流付近の河床が低下および上昇し取水機能に与える影響を検証した。

河床の土砂動態の把握は準二次元河床変動計算手法（期間は30年間）とし、統合堰上流付近の土砂動態（堆積、洗掘傾向）および取水施設の高さを確認した。

(1) 洗掘堆積量

30年後の河床変動計算結果より統合堰上流断面（8.2k）の土砂動態（堆積・洗掘）を整理した。

30年後の統合堰上流断面（8.2k）の堆積量は30年間で10,420m³、河床高の平均上昇量は0.24mとなり、堰上流部にあたるため堆積傾向となる。

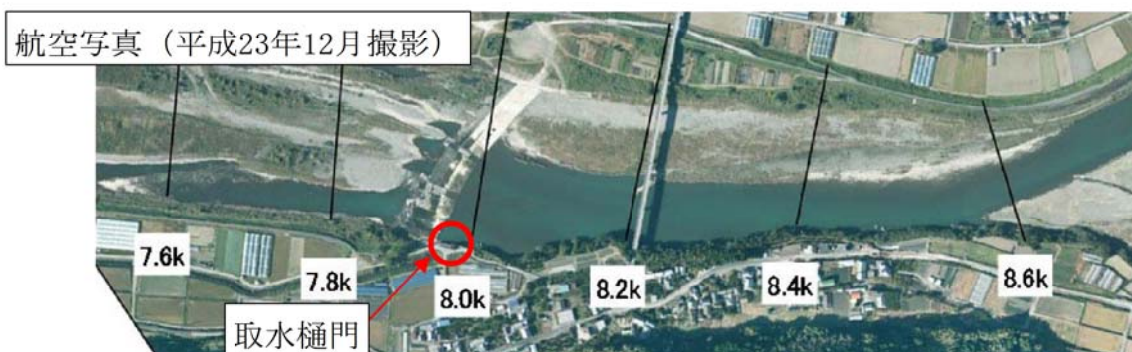


図- 取水樋門の位置

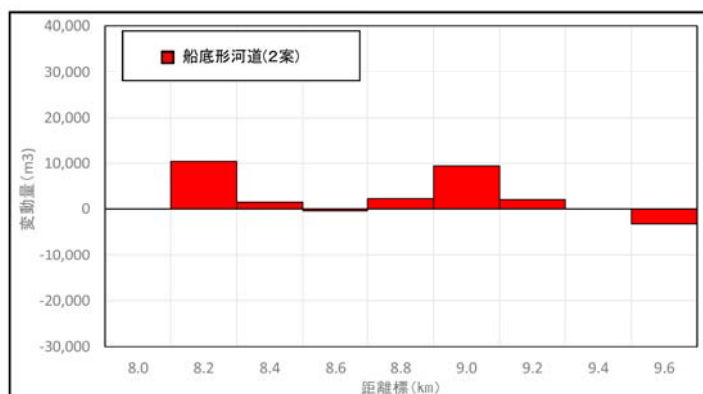
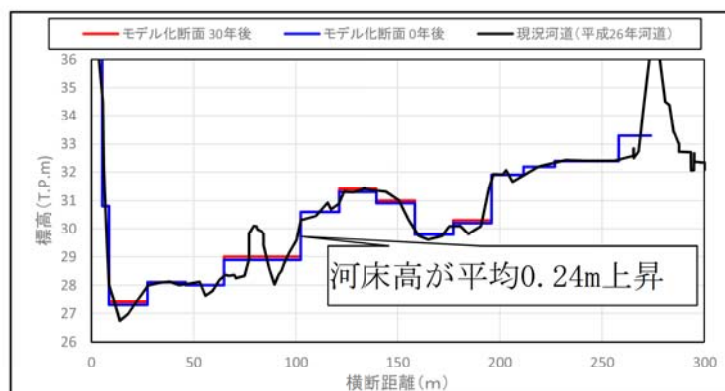


図- 30年後の堆積洗掘量縦断図



船底形河道

図-30年後の河床高（8.2k断面）

(2) 取水施設との高さ

取水施設の敷高と堰直上流部の30年後の河床高の高さを比較した。

取水施設の敷高が28.915(T.P.m)に対して、堰直上流部の30年後の最深河床高は28.517(T.P.m)となり取水施設の敷高の方が高いため、将来の土砂堆積による取水への影響はない。

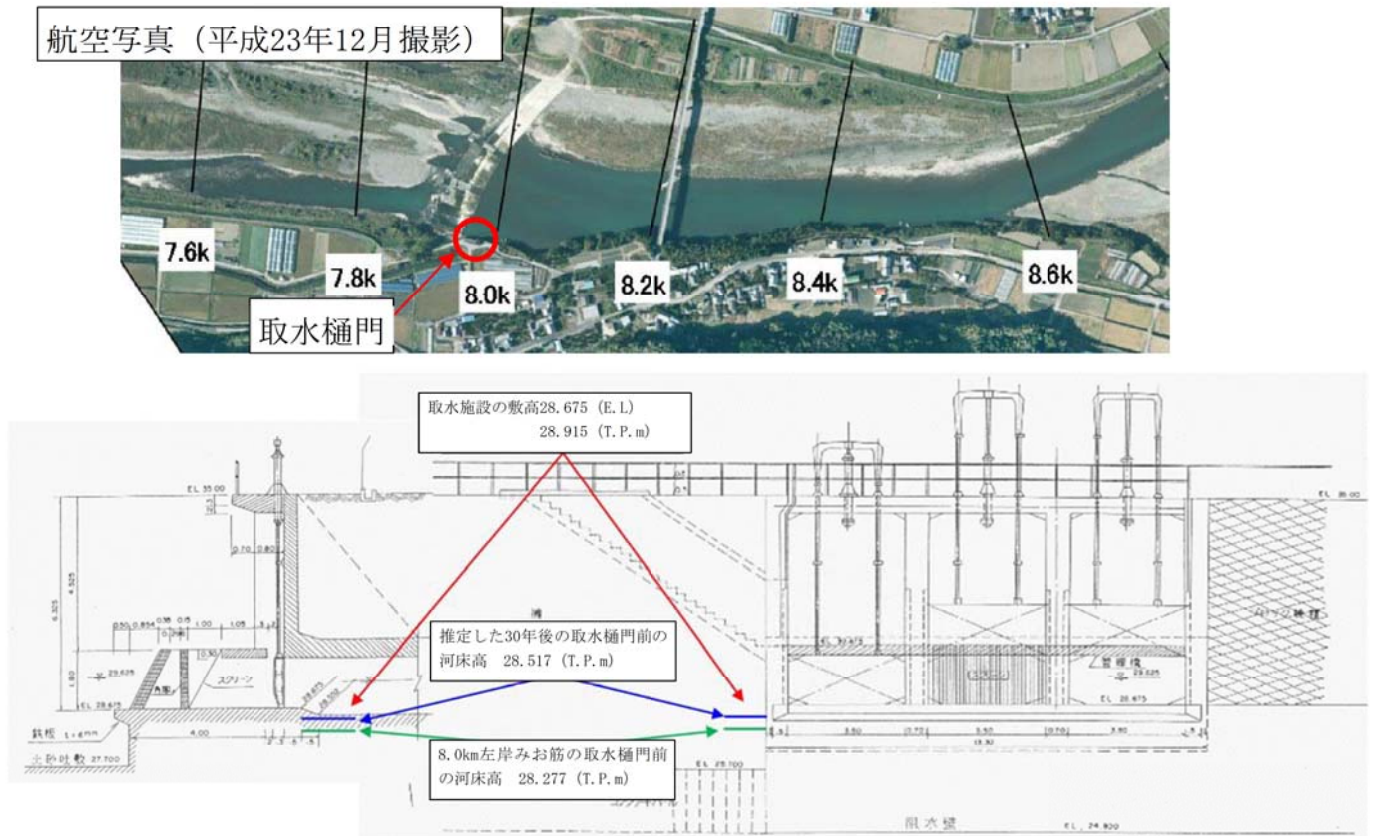


図-取水施設の横断・正面図

※取水樋門横断図、正面図に記載している推定した30年後の最深河床高、8.0kみお筋の最深河床高の高さ位置はイメージである。

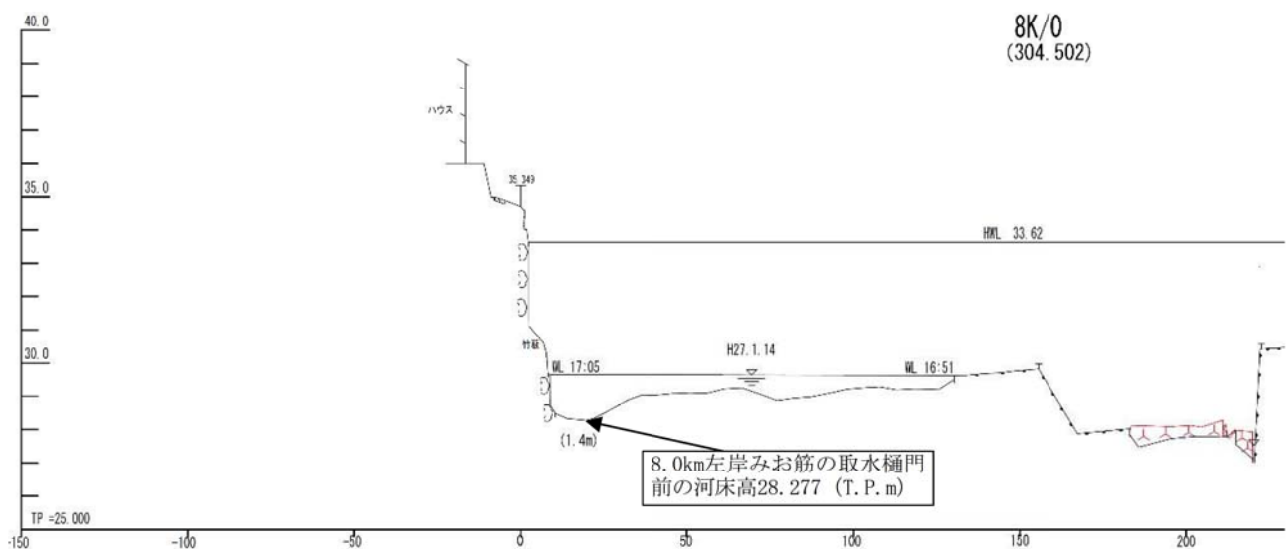


図 横断図 平成 26 年測量断面

3.4.3 環境面

(1) 動植物への影響

船底形河道とする対象区間の水域や水辺は、多様な魚類、底生動物や小動物、植物の生息・生育場となっており、多くの重要種も確認されている。これらの動植物の生息・生育環境を工事により改変することとなるため、動植物への影響と必要な配慮を、以下に整理した。

①魚類

対象区間では、連続する瀬を生息場とするアユやウグイ、オオヨシノボリ、カワヨシノボリのほか、流れの速い平瀬を好むオイカワや、流れの緩やかな場所を好むカワムツやヌマチチブという、多様な瀬の環境に生息する7種の魚類が確認種の大半を占めている。

このため、魚類の生育環境にとっては、9k/2付近に早瀬、その上流に平瀬が形成されていることが重要である。現在形成されている9k/2～9k/6付近の早瀬・平瀬環境は消失するため、船底形河道の施工後も、現状と同程度の瀬の環境を創出する必要がある。

また、確認されている重要種は現在の瀬で形成されている粒径が大きい礫の河床材の生息環境を好むため、船底形河道でも大きい礫のある環境を創出する必要がある。

なお、これまでの河川水辺の国勢調査では、片地川の流路内での魚類の生息状況は調査できていないことから、施工前にはモニタリングを行い片地川の環境を把握するとともに、片地川と本川との間に分布の違いが見られた場合には、配慮方策を検討する必要がある。

②底生動物

このため、底生動物の生育環境にとっては、9k/2付近に早瀬、その上流に平瀬が形成されていること、さらに早瀬の周辺にワンド、たまり等の止水・緩流域が形成されていることが重要である。瀬やワンド、たまり等の環境は消失するため、船底形河道の施工後も、現状と同程度の瀬の環境を創出するとともに、施工の際には水際の変化を設け、ワンドやたまり等の多様な環境を創出する必要がある。

さらに、底生動物は特に移動力が小さいため、工事実施中に生息場がなくなることがないよう、瀬の環境の回復を見ながら段階的に整備を進める配慮が必要である。

なお、これまでの河川水辺の国勢調査では、片地川の流路内での底生動物の生息状況は調査できていないことから、施工前にはモニタリングを行い片地川の環境を把握するとともに、片地川と本川との間に分布の違いが見られた場合には、配慮方策を検討する必要がある。

③小動物

対象区間では、背後に高水敷や田園が開けた流れの緩やかな水辺に生息するカエル類やイシガメ、カナヘビ等が確認されており、

このため、小動物の生育環境にとっては、特に、片地川の流路周辺が、流れの緩やかな湿地環境を形成し、背後の樹林・田園環境と連続するため、重要な生息場となっている。片地川流路による緩流部は消失するが、代わって船底形河道にすることで水際に流れの緩やかな湿地場所が創出される。さらに、水際の変化を持たせて、多様な水際の湿性・緩流環境を創出・保全する必要がある。

④鳥類

対象区間では、コチドリ、イカルチドリ等のチドリ類が、繁殖のためレキ河原を利用しているなど、砂州や高水敷上が多く、鳥類の生息場となっており、

しかし、下ノ村地区は背後に田園や樹林、山麓地が広がっており、また統合堰付近の河道内にも、同様の草地・レキ河原や水辺環境が形成されているため、工事による影響はないと考えられる。

⑤陸上昆虫類

対象区間では、9k/2付近の瀬の周辺において、幼生期を底生動物として水中で過ごすトンボやカゲロウ類が水辺で確認される。さらに、水辺がレキ河原や草地の環境となっていることから、バッタやコウロギ類等の重要な生育場となっており、

このため、陸上昆虫類の生育環境にとっては、砂州上がレキ河原や草地の環境となっていることが重要である。したがって、船底形河道を施工し、その後のレキ河原の保全・再生を目指す必要がある。

⑥植物

これらの種はいずれも、攪乱を受ける湿った環境を好んで生育するが、船底形河道とすることで、より攪乱を受ける環境を創出されるため、工事による影響はないと考えられる。
ただし、工事時に大規模な群生地が確認された場合には、移植等を行うことも考慮する。

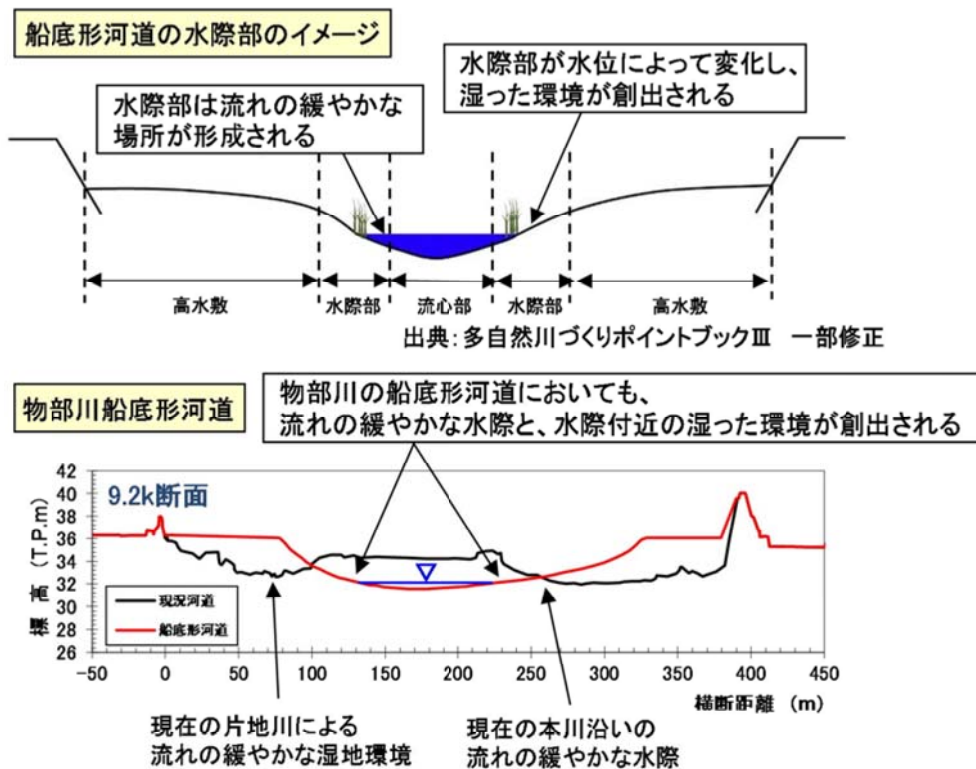


図 船底形河道とした場合の水際環境のイメージ

(2) 動植物に配慮するための施工の工夫

①瀬の創出（魚類・底生動物への配慮）

船底形河道施工後の長期間（30年間）の河床変動計算で、9k/0付近の河床勾配が施工直後より急になることが予測されている。また、9k/0付近より下流においても、平面二次元流況解析により、掃流力が弱まることを予測されている。したがって将来的に、統合堰湛水域の上流端である8k/8から上流の9k/0付近にかけて、瀬が形成されることが期待できる。

さらに、船底形河道の施工後に、現状と同程度の早瀬と平瀬が連続する多様な瀬の環境が創出されることを促すため、9k/0付近の施工時には、現在の瀬で形成されている粒径と同程度の大きな礫を河床に配置することを考慮する。

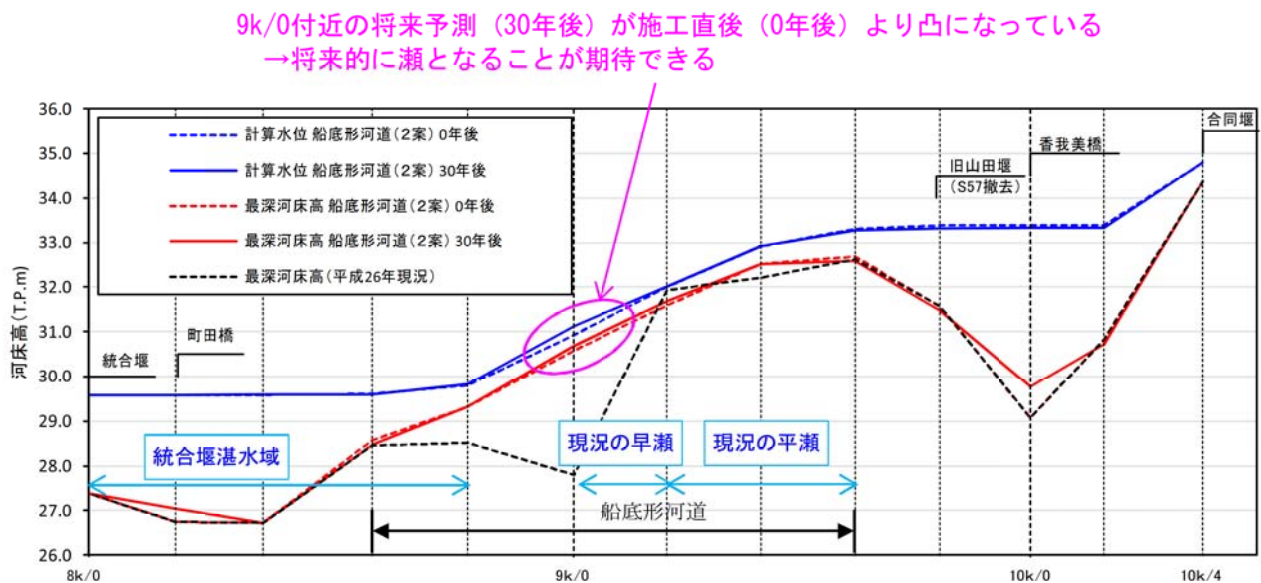


図 最深河床高縦断図（船底形河道施工直後と河床変動計算による30年後の予測）

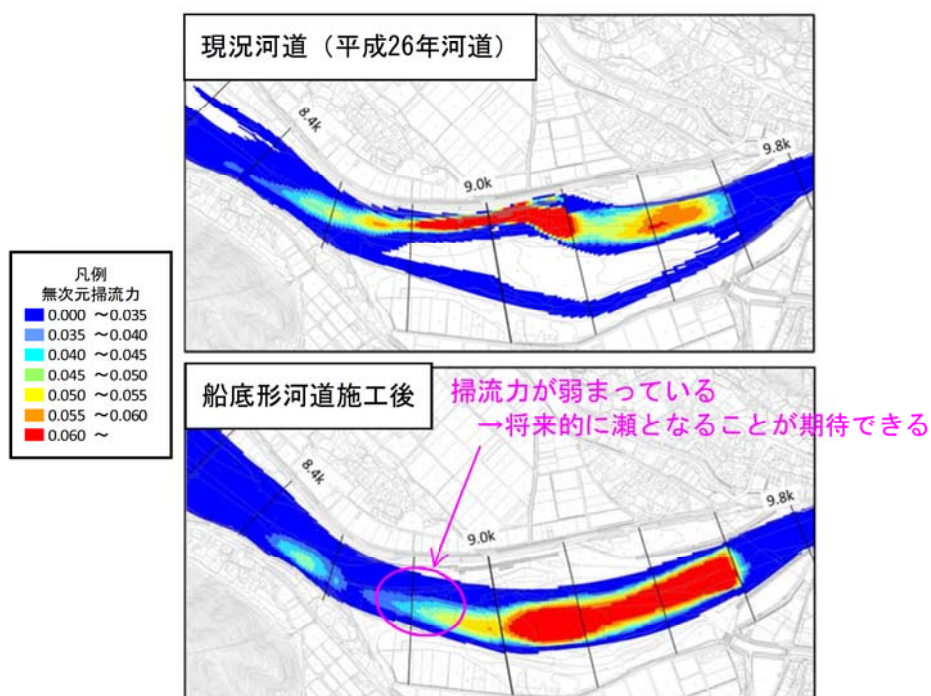


図 無次元掃流力 分布図 年最大流量の最少流量流下時 $Q=426\text{m}^3/\text{s}$

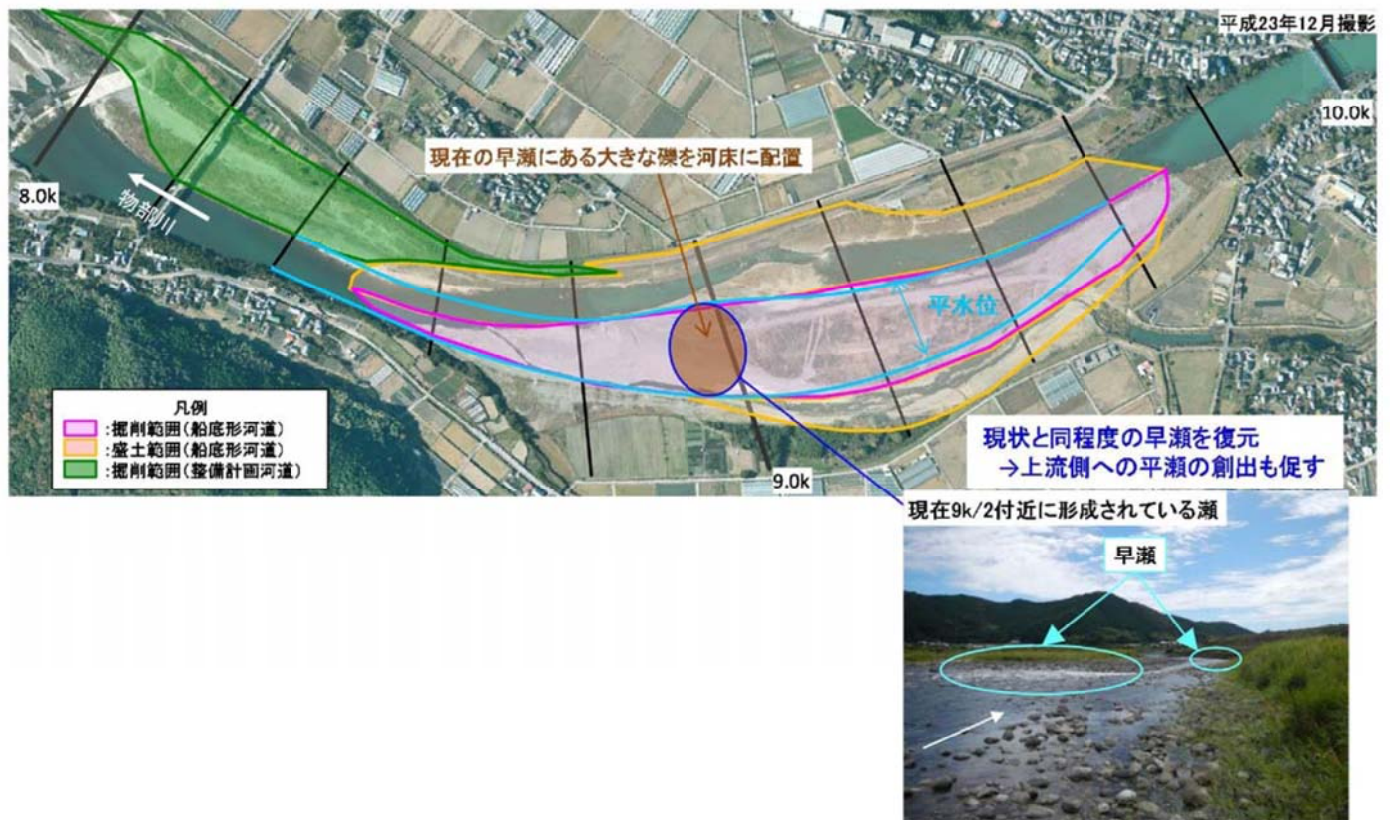


図 瀬の創出のイメージ

②水域での工事実施時の配慮（特に底生動物への配慮）

船底形河道の施工にあたり、水域での掘削・盛土（約1.0kmの区間）を一度に施工すると、水生生物、特に移動力の小さい底生動物の生息環境が失われることになる。したがって、底生動物の生息環境に配慮するため、工区を細かく分割し、施工後の河川環境の回復を見ながら、段階的に上流側の工区の工事を進める。

さらに、各工区毎に瀬替えを行い、物部川の流水が常に連続して流れるように配慮しながら、掘削・盛土を行う。またこれにより、施工後の流路に速やかに通水できるため、新しくできた河床のシルト部分が流れていくようになり、元の礫河床を早く復元できることが期待できる。

これらの配慮により、水域の改変による底生動物等の水生生物への大きなインパクトは回避できると考えている。

③水際へのワンド・たまりや緩流域の創出（底生動物・小動物への配慮）

船底形河道を施工する際には、直線的な河岸形状とはせず、水際に緩やかな法勾配に起伏の変化を設けることや水際の掘削、巨石の配置等も活用し、水際の変化を持たせ、水際の緩やかな流れやワンド・たまり等を創出する。

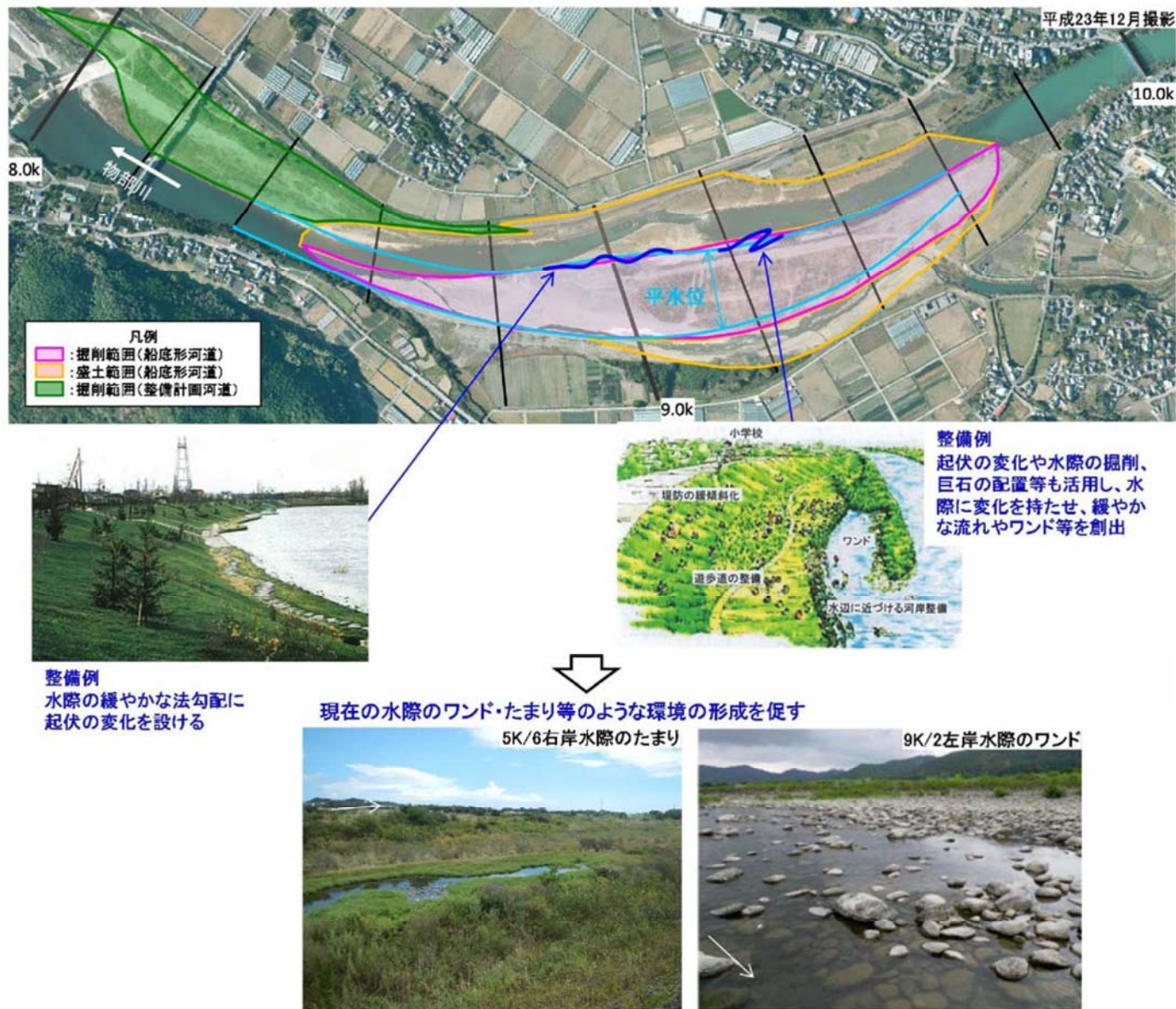


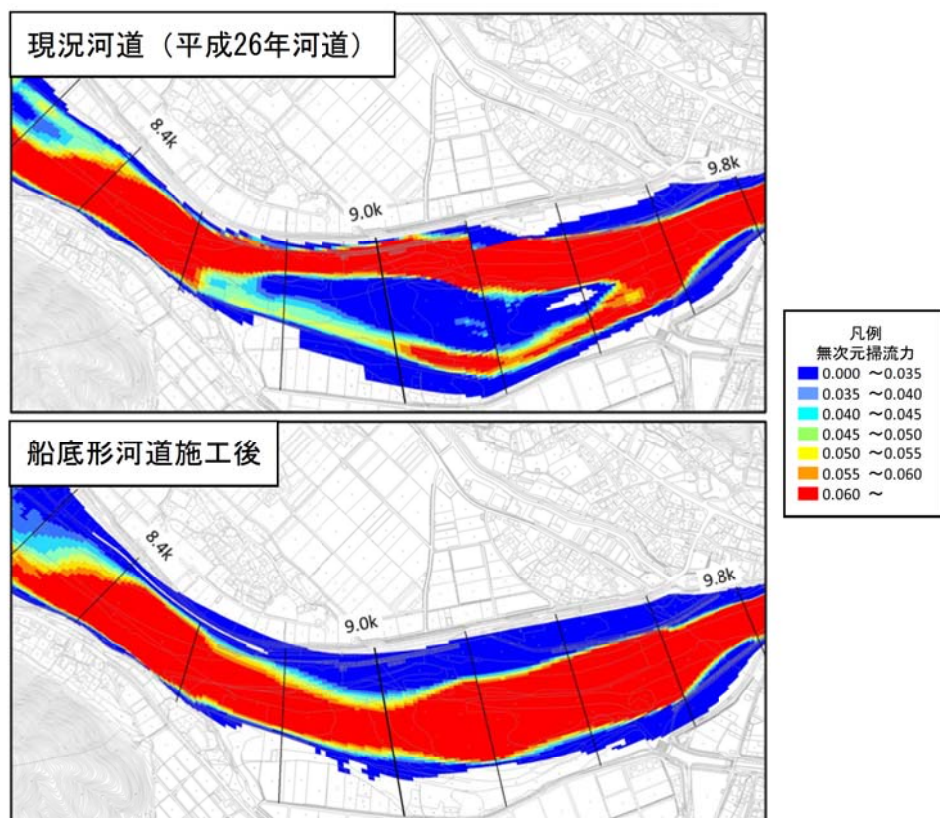
図 水際へのワンド・たまりや緩流域の創出のイメージ

④レキ河原の保全・再生（かつての河川環境の形成、陸上昆虫類・植物への配慮）

船底形河道を施工することにより、基本的に、自然営力によるレキ河原の保全・再生を図る。

平面二次元流況解析による予測結果から、船底形河道とすることで、無次元掃流量が無次元限界掃流量（0.05）より大きい領域（河床が動く）が広くなり、現在、出水時に土砂が堆積し樹林化が進行した砂州上も、動きやすくなる。このため、砂州上への土砂の堆積は現在よりも抑えられ、出水による水際を中心とした攪乱頻度が増加すると期待される。さらに、樹木の種子が流れやすくなり、水際部に生えにくくなると思われ、樹木の繁茂も抑制されると期待される。

このため、船底形河道の施工後は、現況よりもレキ河原の保全・再生に向けた状況は良くなると期待される。



(3) 河川利用と景観への影響

船底形河道を施工し、高水敷中段からなだらかに水面まで緩傾斜でつなげるようにすることで、水際にアクセスしやすくなる。また、堤防上や高水敷から水際や水面が見やすくなるとともに、レキ河原環境の創出にもつながると考えられるため、より開放感のある河川空間が創出され、景観面からの効果も期待される。このため、船底形河道施工後は、親水性の向上が期待でき、景観面も現状よりもよくなると期待される。

ただし、先行事例である遠賀川においては、平常時の高水敷利用と河川景観の改善の視点から、高水敷・水際の縦横断的な変化について様々に工夫し設計していることから、物部川でも、同様の配慮について遠賀川の工夫を参考にし、親水性と景観面のさらなる向上に配慮して施工する必要がある。

(4) 河川利用と景観の改善に配慮した施工の工夫

先行河川である遠賀川における船底形河道による改修は、以下のような点に工夫し、高水敷利用と河川景観の改善に配慮した設計がなされていることが特徴である。

- ・高水敷中段からなだらかに水面までつなげる緩傾斜のスロープを、基本の断面として採用する。
- ・川の流れに逆らわない範囲で縦横断的に変化を持たせて、奥行き感のある空間を創出する。
- ・緩やかな法勾配に起伏を設ける（水際の曲線が水位により変化）などにより水際の変化を与えることで、多様な水際環境を創出する。

物部川においても、船底形河道を施工する際には、遠賀川での配慮事例を参考にして、河川利用と景観の改善に配慮した施工の工夫を行うこととする。

①河川利用の改善

- ・現在の堤防は法勾配が急であり、川に近づきにくくなっているが、堤防拡幅に併せて法勾配を緩やかにし、高水敷を利用しやすくする。
- ・公園として利用されている現在整備済みの高水敷の横断幅（50m程度）に擦り付ける横断幅として、最低でも幅10m以上の高水敷を造成する。造成後の高水敷には芝生を植え、散策やマラソンコースとして利用可能とし、河川利用の促進を図る。
- ・低水護岸の全面を盛土し、高水敷から水際までの勾配を緩やかなものとして、水際部へのアクセスを容易にする。
- ・物部川は急流河川であり、船底形河道とすることで水際部の攪乱が大きくなると考えられる。このため水際部については、物部川元来の姿であるレキ河原の再生を期待する。これにより、より自然を感じることができる水辺空間とする。

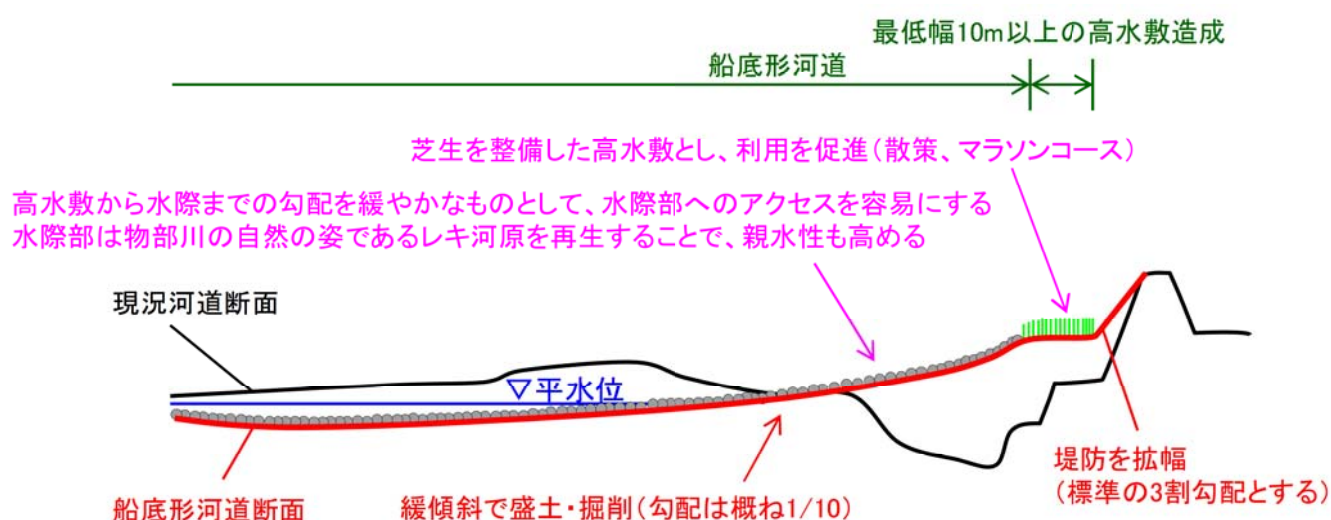


図 河川利用の改善に配慮した船底形河道の設計イメージ



高水敷上の整備イメージ
(遠賀川の事例写真)

※高水敷上は平坦な芝生公園として整備



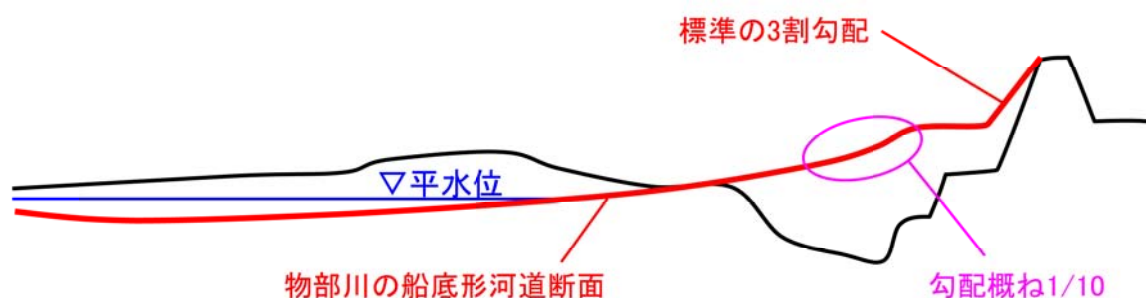
水際部の整備イメージ
(物部川右岸9k/6付近のイメージ写真)

※レキ河原と一部抽水植物の水際部とし、
高水敷とは緩やかな勾配でつなげる。

②景観の改善

- ・船底形河道施工後の下ノ村地区の高水敷から水際にかけての緩やかな勾配の形状は、遠賀川の事例とほぼ同程度とできている。また、水際部にはレキ河原が広がり、高水敷には遠賀川のような芝生の公園が創出される。これにより、景観も現在より改善されることが期待される。
- ・さらに遠賀川の事例で工夫されている、川の流れに逆らわない範囲で縦横断的に変化を持たせることや、水際の変化を与えて多様な水際環境を創出することは、物部川の船底形河道でも同様の配慮を工夫して施工する。

物部川船底形河道 計画横断面形（高水敷造成箇所の標準断面：9k/0断面）



遠賀川の事例との比較（同じスケールで断面を重ね合わせ）

- ・船底形河道施工後の下ノ村地区の高水敷から水際にかけての勾配は、遠賀川の事例とほぼ同程度の緩やかなものとなる
- ・水際部にはレキ河原が広がり、高水敷には遠賀川のような芝生の公園が創出される

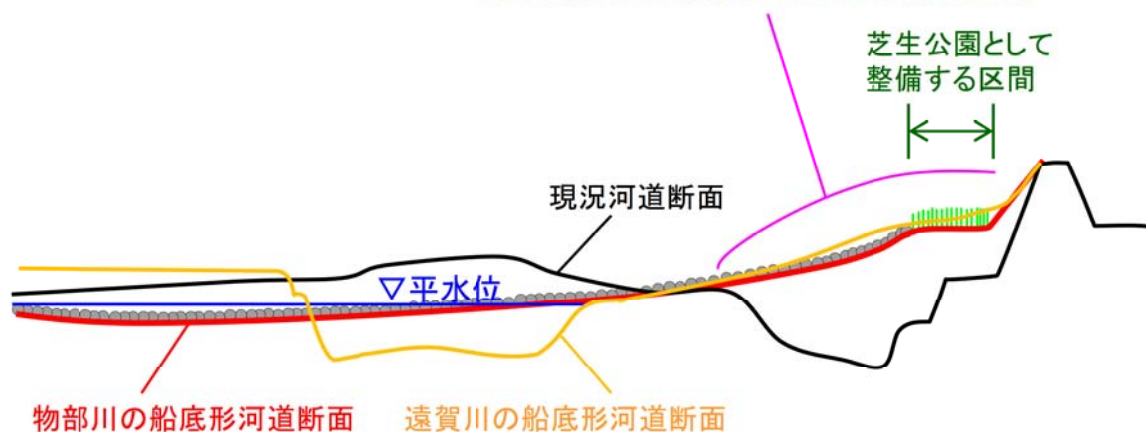


図 遠賀川の事例を踏まえた船底形河道の設計イメージ

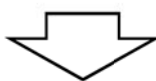
物部川の現在の河川景観（右岸 9k/0 付近：高水敷造成箇所例）

堤防天端からの景観



高水敷からの景観

高水敷は狭く、堤防の法勾配も急なため、高水敷からの景観は望めない



遠賀川船底形河道の河川景観

堤防天端からの景観



緩傾斜とした堤防法面からの景観



高水敷からの景観（縦断方向）



図 船底形河道施工後の景観の改善イメージ（堤防から高水敷までの緩傾斜化）

整備例 水際の起伏に変化を設ける
(水際の曲線が水位により変化)

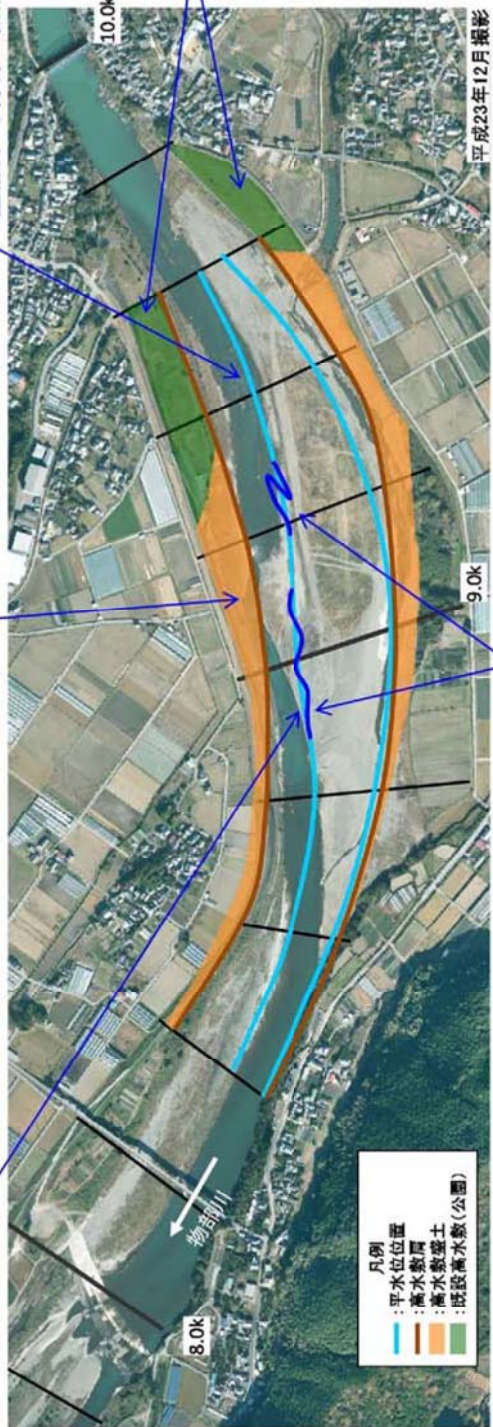


整備例

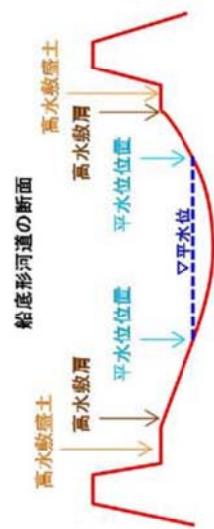
新たに造成する高水敷上は、河川利用や景観に配慮して緩傾斜の勾配や形状を工夫する



整備例 水際の緩傾斜化(水辺に近づきやすくする等)



既に公園として整備
されている高水敷
(現状を極力保全)



※写真は、先行河川である遠賀川である遠賀川の施工事例

整備例 水際の起伏の変化や置石等も活用し、水際に変化を持たせ、緩やかな流れやワンド等を創出



図 多様な水際環境の創出に配慮した物部川での船底形河道イメージ

4. 船底形河道の施工計画

4.1 整備手順

船底形河道の整備手順の違いによる、当該地区（8.0kより上流）への水位影響および、船底形河道を整備することによる下流（8.0kより下流）への水位影響を確認した。

8.4kは河積が小さく流下能力上のネック箇所となっており、上流側8.6kから現況河道（平成26年河道）の水位が上昇している。

そのため、8.0kから上流側に船底形河道等の整備をした場合（ケース1-1、ケース1-2、ケース1-3）と、ネック箇所である8.4kより下流を残して、8.6kより上流を船底形河道等の整備した場合（ケース2-1、ケース2-2）を対象として、整備したことで現況河道より水位が上昇し氾濫被害を増加するおそれがないか確認した。

水位の算出方法は準二次元不等流計算を用い、流量規模は整備計画目標流量（深淵地点：4,200m³/s）を対象とした。

表 検討ケース

検討ケース	ケース名	整備箇所	計算水位－ 現況河道水位	備考欄
現況河道（平成26年河道）	—	—	—	下ノ村地区の引堤完成後（旧堤撤去後を想定）
整備計画河道	—	整備計画メニュー	-0.39m (9.0k)	平成26年河道をベースに作成
8.0kより整備した場合	ケース1-1	8.0k～8.4kを整備	-0.17m (8.8k)	各ケースの計算水位は現況河道の水位を下回る
	ケース1-2	8.0k～8.6kを整備	-0.28m (9.0k)	
	ケース1-3	8.0k～8.8kを整備	-0.35m (9.0k)	
ネック箇所（8.4k）を残しネック箇所上流（8.6k）より整備した場合	ケース2-1	8.6k～9.6kを整備	0.06m (8.6k)	各ケースの計算水位は現況河道の水位を上回る
	ケース2-2	8.8k～9.6kを整備	0.01m (8.8k)	

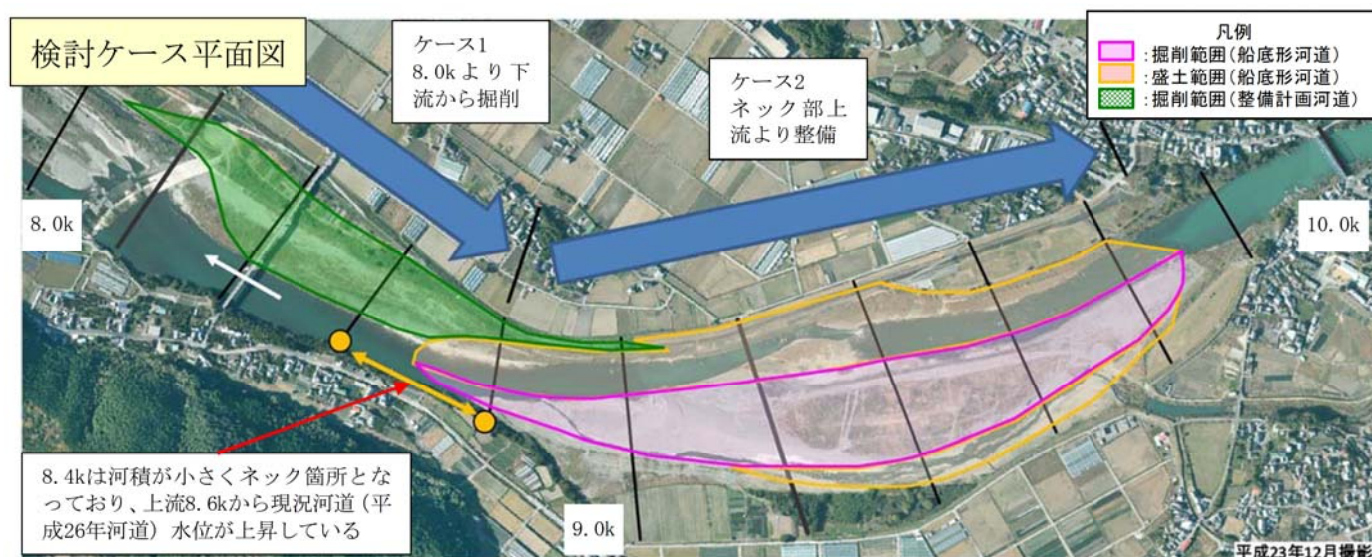


図 検討ケース 平面図

(1) 船底形河道整備区間の水位影響

1) ケース 1 の結果

ケース1-1～1-3の整備の途中段階でも現況河道（平成26年河道）より水位は上がらないため、下流から整備を実施することに流下能力上は問題ない。

水位縦断面図
(ケース1)

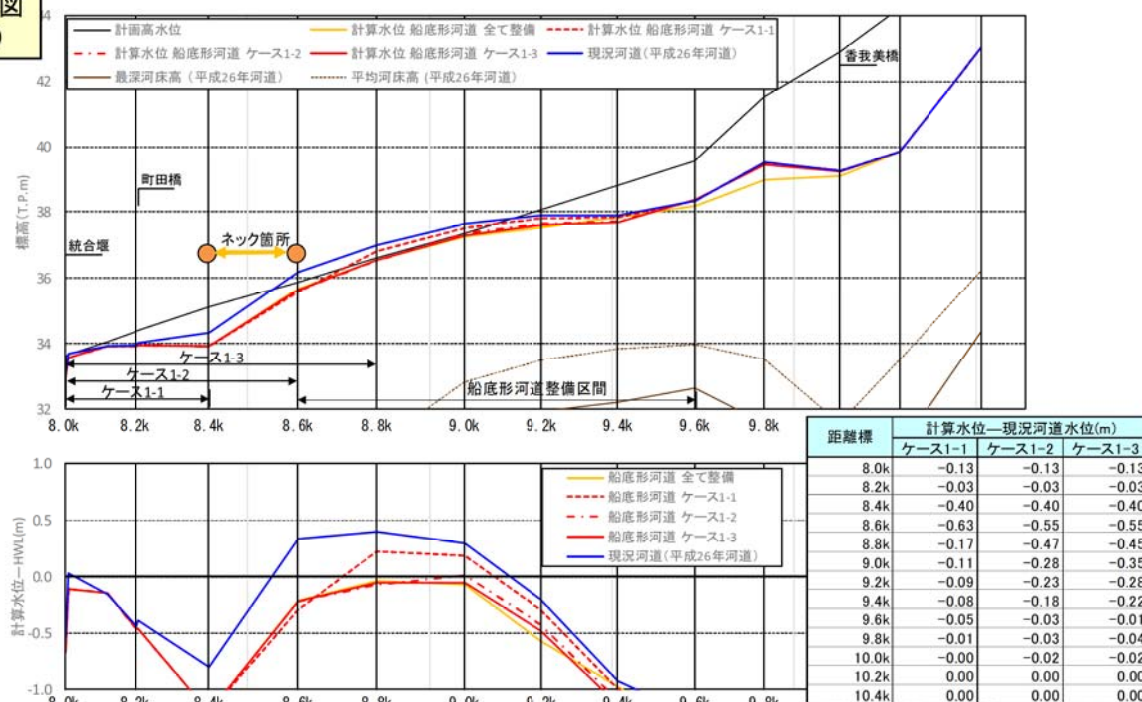


図 水位縦断面図（ケース1-1～1-3）下流側から整備した場合

2) ケース 2 の結果

ケース2-1（8.6k～9.6kを整備した場合）の整備は8.6kで現況河道（平成26年河道）より水位が高くなり、現況の流下能力を悪化させることになる。

水位縦断面図
(ケース2-1)

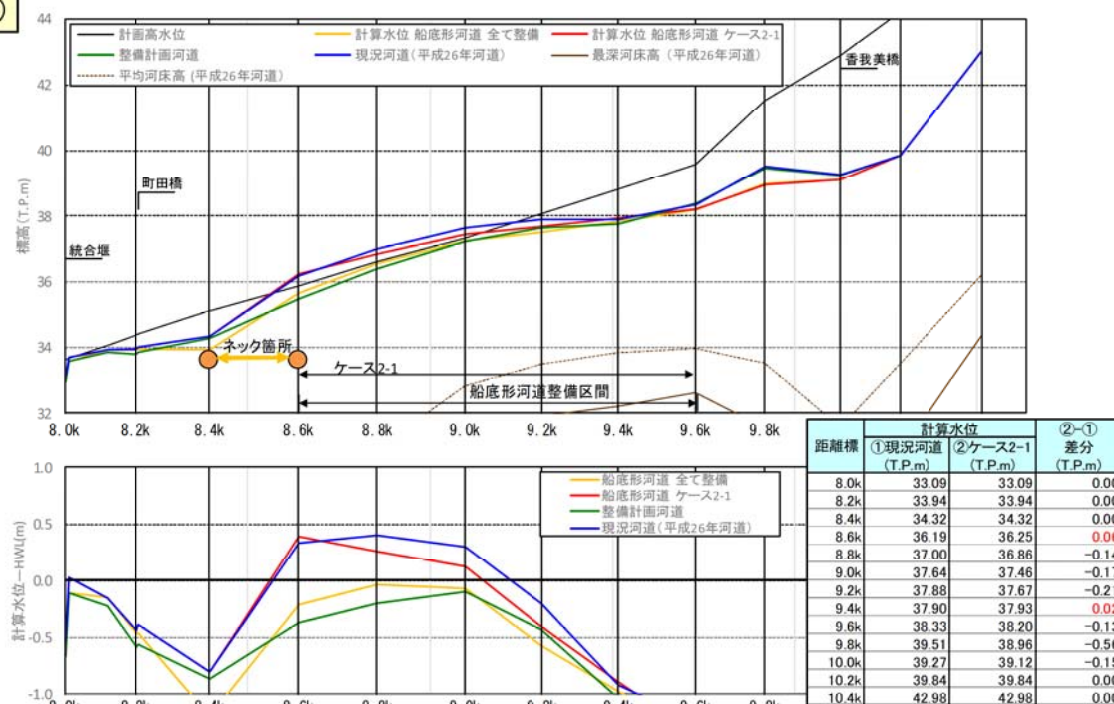


図 水位縦断面図（ケース2-1）ネック箇所上流から整備した場合

ケース2-2 (8.8k～9.6kを整備した場合) の整備は8.8kで現況河道 (平成26年河道) より水位が高くなり、現況の流下能力を悪化させることになる。

水位縦断面図
(ケース2-2)

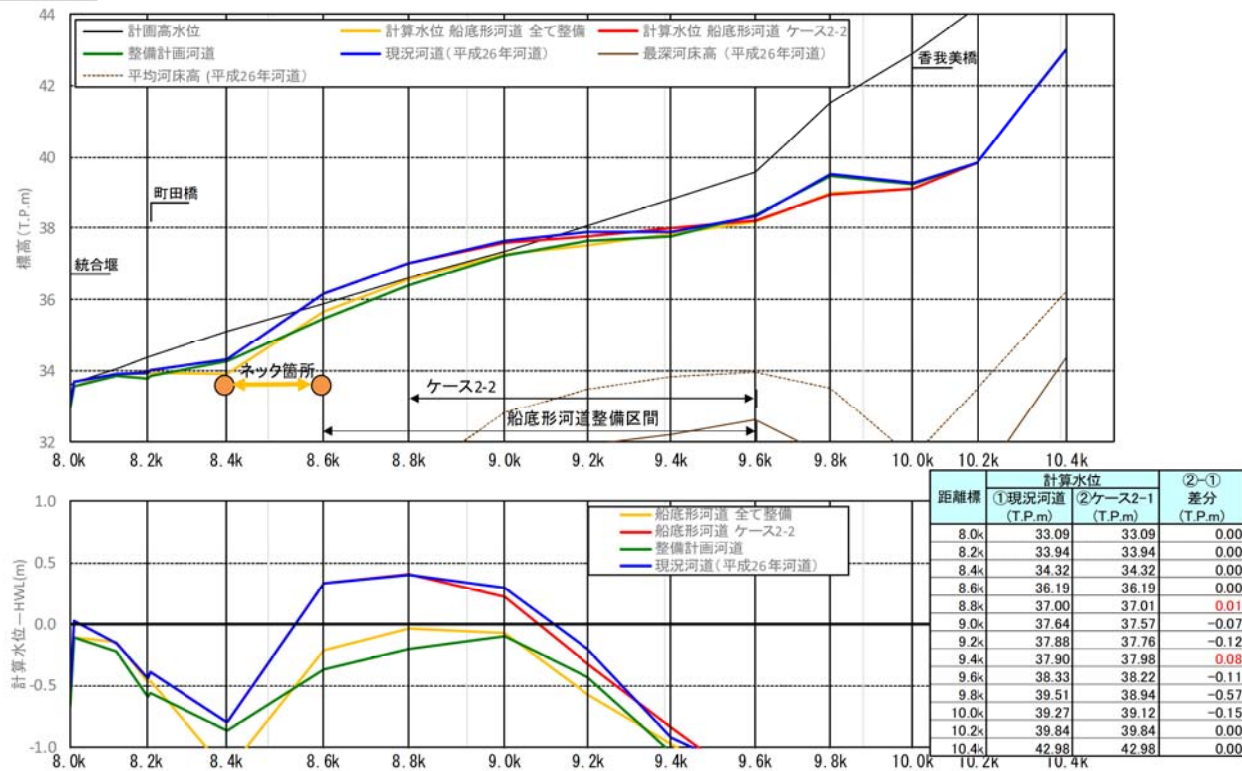
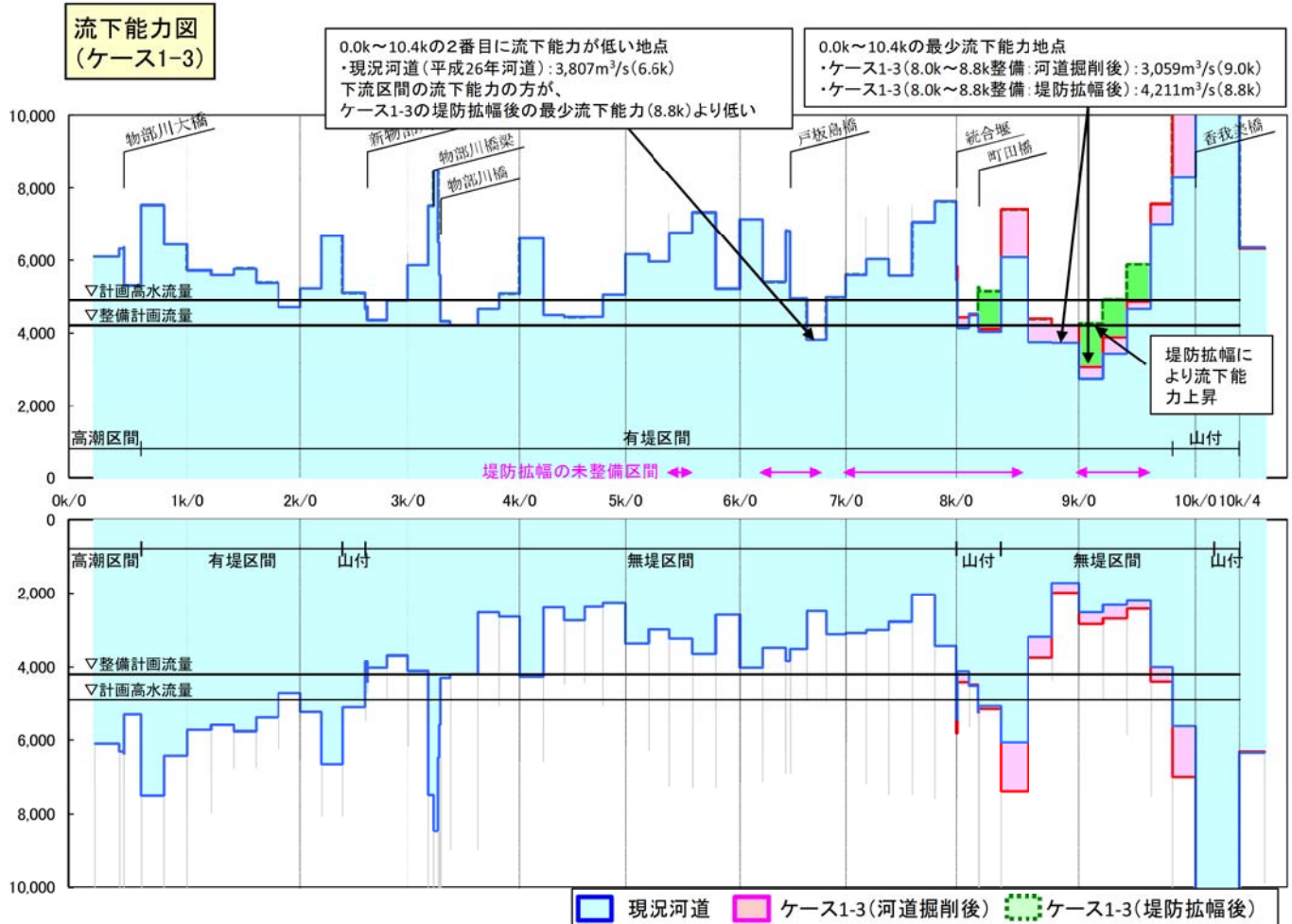


図 水位縦断面図 (ケース2-2) ネック箇所上流から整備した場合

(2) 船底形河道整備区間より下流への水位影響

下流区間（ケース1-3）から河道掘削した場合、最少流下能力が $3,059\text{m}^3/\text{s}$ （9.0k）となり8.0kより下流区間の最少流下能力 $3,807\text{m}^3/\text{s}$ （6.6k）より低いため、河道整備による下流への通過流量の増加はない。

なお、9.0kの堤防拡幅整備を実施すると下流より流下能力が上がり、下流への影響が懸念されるため、堤防拡幅の整備（9.0k）は下流区間の整備状況を考慮して実施する必要がある。



※堤防評価はスライドダウン評価とする

図 流下能力図 下流への影響について

4.2 施工計画

4.2.1 施工条件

施工範囲は、8k/0-100m～9k/6+100m 区間の延長約 1.9km であり、大きく高水敷掘削箇所と船底形河道整備箇所となっている。施工は下流から実施するため以下のようなステップを考える。

整備ステップ1：高水敷掘削工事

整備ステップ2：船底形河道工事

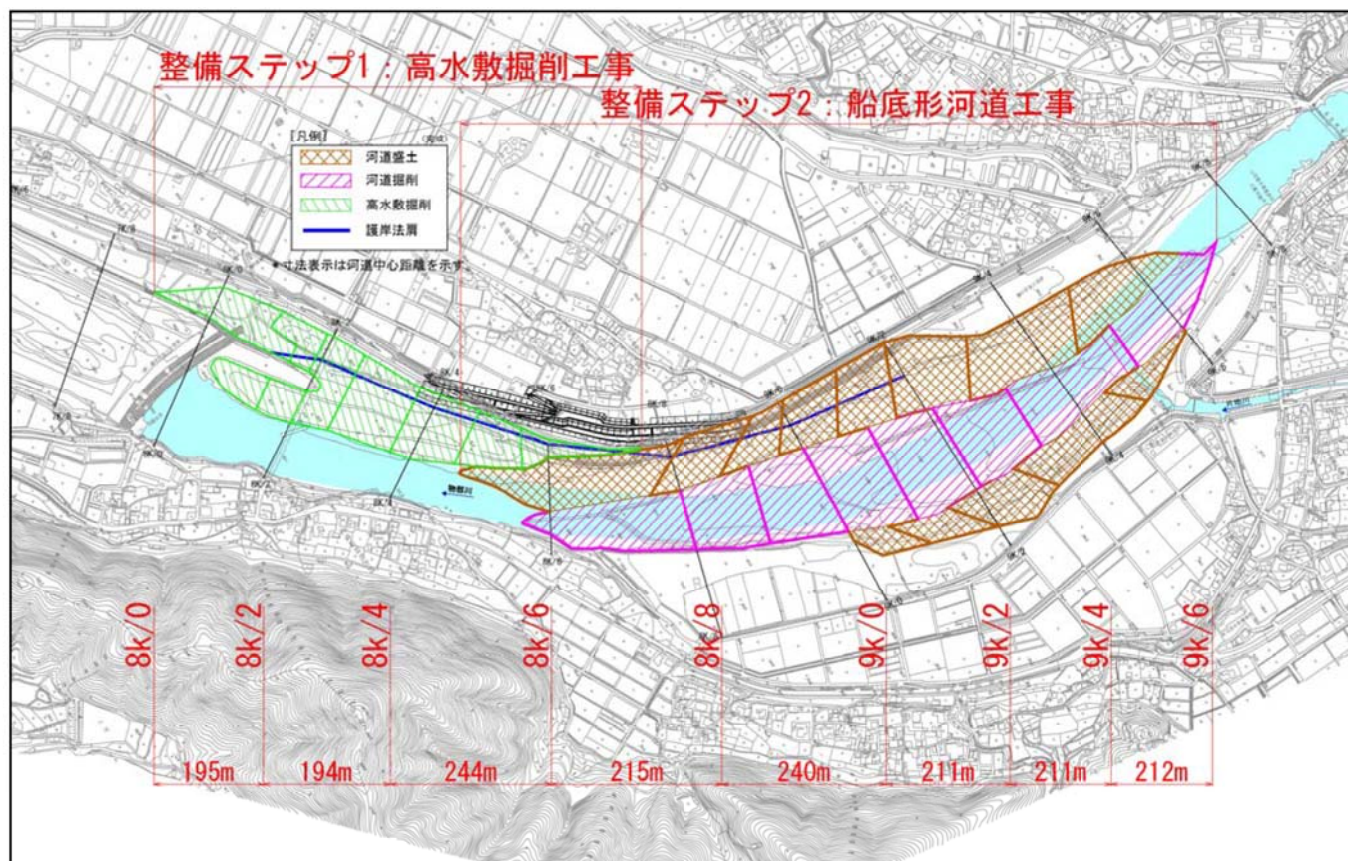


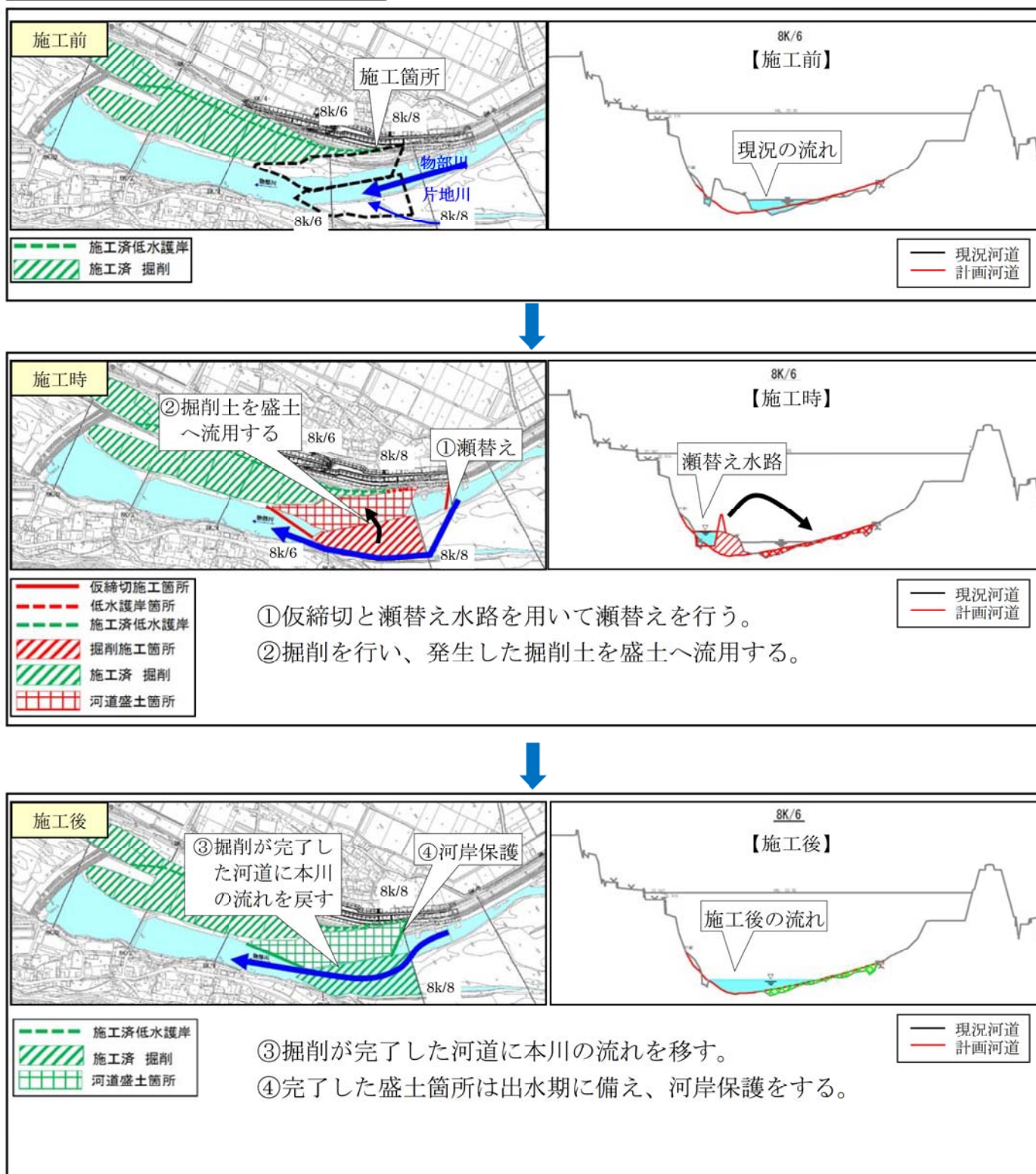
図 全体平面図

4.2.2 施工手順

施工は下流から行い、工区毎に仮締切と瀬替え水路を用いて、物部川の流水を付け替えしながら掘削をし、盛土へ流用する。工区ごとに瀬替え水路を設置することにより物部川の瀬替え範囲を少なくし、底生生物への影響を緩和させることが期待できる。

掘削土は盛土へ流用し、残土は処分する。

施工手順イメージ(8k/6～8k/8の場合)



5. 概算事業費

船底形河道の概算事業費を算出した。また、整備計画河道の事業費と比較し船底形河道の事業費の方が経済的である。

表 船底形河道と整備計画河道の概算事業費

メニュー		①整備計画河道		②船底形河道		②-①事業費差分
		数量	整備費	数量	整備費	整備費
施工時の事業費						
	掘削工	84,500 m ³	4.2 億円	321,200 m ³	4.8 億円	0.5 億円
	盛土工	25,700 m ³	0.0 億円	222,400 m ³	0.3 億円	0.3 億円
	護岸工	16,000 m ²	3.2 億円	15,700 m ²	1.5 億円	-1.7 億円
	仮設工	1 式	0.2 億円	1 式	1.9 億円	1.8 億円
	直接工事費	—	7.6 億円	—	8.6 億円	0.9 億円
	間接費		2.0 億円		2.3 億円	0.2 億円
	諸経費		1.4 億円		1.6 億円	0.2 億円
	概算事業費		11.1 億円		12.4 億円	1.4 億円
維持管理費						
	掘削工(処分費含む)	4,800 m ³	2.1 億円	- m ³	- 億円	-2.1 億円
施工時+維持掘削						
	事業費合計	-	13.2 億円	-	12.4 億円	-0.7 億円

※維持管理費の掘削量については施工後 30 年間の堆積土砂である。

※上記の事業費は現在検討中の数字であり、今後、変更となる可能性があります。

6. モニタリング計画

大きな洪水後の河道の安定性の確認とともに、動植物の生息・生育環境および整備した高水敷等の利用状況の確認のため、船底形河道施工前後には以下のモニタリングを実施する。

- ①洪水後の土砂堆積・洗掘状況調査
- ②河床変動に影響を与える洪水後の土砂動態の予測
- ③植生調査や魚類調査等の環境調査
- ④河川利用者の利用状況調査

表 船底形河道施工前後のモニタリング調査(案)

調査項目	調査目的	調査手法		調査間隔
①土砂堆積・洗掘調査	船底形河道施工箇所の土砂堆積・洗掘特性を把握し、維持管理計画検討の基礎データとする	土砂堆積・洗掘状況調査	河川縦横断面測量結果を用いた把握 UAV(無人航空機)による空撮データを活用した縦横断面形状変化の把握	船底形河道施工前・後 および 洪水後
		河床材料調査	河床材料(掘削箇所の土砂、洪水による堆積土砂)について、粒度分布調査等を実施	船底形河道施工後 および 洪水後
②土砂動態の予測	船底形河道施工後の土砂動態を予測し、維持管理計画検討の基礎データとする	平面二次元河床変動解析	船底形河道の土砂動態について予測	船底形河道施工前(現況) および 洪水後
③環境調査	船底形河道施工前後の環境特性の変化を把握し、工事実施による影響が考えられる場合には、環境対策の立案に向けた基礎データとする	植生調査	定期的な河川水辺の国勢調査(植生図作成)により、レキ河原の状況と樹木再繁茂状況を確認	定期調査:5年毎
			定期的な河川巡視での観察や定点写真撮影等により、樹木再繁茂状況を確認	工事後は毎年、定期的に観察
		魚類・底生動物調査	施工箇所の動植物調査(施工直前および施工後に実施)および定期的な河川水辺の国勢調査により、動植物の生息・生育状況の変化を確認	【各工区毎】 船底形河道施工前 および 施工後(当面は毎年)
		植物相調査 小動物・昆虫類等調査		【全域】 定期調査:5年毎 【各工区毎】 船底形河道施工前 および 施工後(当面は毎年) 【全域】 定期調査:10年毎
④利用者の利用状況調査	整備した高水敷および水際・水面の利用者の意見等や利用状況を把握し、河川空間の利活用についての施策立案に向けた基礎データとする	河川空間利用実態調査(川の通信簿)	定期的な河川水辺の国勢調査による河川利用者の利用状況やヒアリングの調査をもとに、現況と整備後の利用状況の変化や、利用者の意見等を確認	定期調査:5年毎
		地元自治体および漁業者へのヒアリング	緩傾斜高水敷の利用(占有)に関する意見等について、香美市へのヒアリング 水際・水面でのアユ漁に関する意見等について、漁協へのヒアリング	船底形河道施工前・後